

**Б. Раҳимов, Т. Шукуров, П. Раҷабов**

# **ФИЗИКА**

**Китоби дарсӣ  
барои синфи**

**10**

**НАШРИ 2**

**Мушовараи Вазорати маорифи Ҷумҳурии  
Тоҷикистон ба чоп тавсия кардааст**





**"Матбуот"  
Душанбе 2011**

Б. Рахимов, Т. Шукуров, П. Рачабов  
 Физика. Китоби дарсӣ барои хонандагони синфи 10.  
 Душанбе. Соли 2011.

### Ҷадвали истифодаи иҷравии китоб

№	Ному насаби хонанда	Синф	Соли	Ҳолати китоб (баҳои китобдор)	
				Аввали сол	Охири сол

### Аломатҳои шартӣ

-  – Формула ё ченаки бузургҳои асосии физикӣ.
-  – Саволҳои санҷишӣ.
-  – Машқҳо.
-  – Хулосаҳои муҳимтарин.
- \* – Моводи таълимӣ барои такрор.

### Муаллими муҳтарам!

Хоҳишмандем фикру дархостҳои худро оид ба мазмуни китоби мазкур ба нишони 734024, ш. Душанбе, кӯчаи Айни 45, Пажӯҳишгоҳи улуми педагогии Тоҷикистон ирсол намоед.

## Хонандан азиз!

Донишандуӣ, ҳосил кардани малакаю маҳорат аз физика дар киёси дигар фанҳо хусусиятҳои худро дорад. Дар ҷараёни омӯзиш лозим меояд, ки хулоса ё қонун бо исботи таҷрибавиаш асоснок карда шавад. Бинобар ҳамин ҳангоми омӯзиши маводи таълимӣ аз физика зарурияти шиносшавӣ бо сохту низоми қори асбобу механизмҳои гуногун, нақшаю расмҳои онҳо ба миён меояд. Аз ин лиҳоз мо лозим донистем, ки барои мутолиаи маводи таълим ва азхудкунии мафҳуму бузургҳои, қонуну ҳодисаҳо ва умуман қор бо китоби дарсӣ барои Шумо баъзе лаҳзаҳоро таъкид намоем:

1. Матни ҳар як параграфи китобро батафсил хонед, аломатҳо, қисмҳои асбобу механизмҳоро дар расмҳо ёбед ва вазифаи ҳар кадоми онҳоро муайян кунед.

2. Барои дар хотир нигоҳ доштани формула, воҳиди бузургӣ, таърифи мафҳуму қонунҳои физикӣ онҳоро дар дафтар ва агар лозим ояд, матни параграфро аз рӯи фаҳмиши худ сабт намоед. Баъд онҳоро бо матни китоб муқоиса кунед, камбудию хатоҳои содиршударо ба ҳисоб гирифта, формулаю қоидаҳои асосиро аз нав навишта гиред.

3. Ба саволҳои санҷишӣ ҷавоби дуруст ёбед.

4. Ҳалли масъалаҳо дар рафти омӯзиши физика мақоми ниҳоят муҳимро иҷро мекунад, зеро баробари ҳалли масъалаҳо Шумо маводи омӯхтаатонро ба хотир меоред ва мустақкам менамоед, ҳамзамон онро дар мавридҳои гуногун эҷодқорона татбиқ карда метавонед. Ҳар кадоми Шумо бояд бидонед, ки малакаю маҳорати масъалаҳалкунӣ худ ба худ, якбора пайдо намешавад. Бинобар ҳамин ҳангоми ҳалли масъалаҳо саросема нашуда аввал матни масъаларо гаштаю баргашта хонда, азхуд кунед. Кушиш кунед, ки онро мустақилона ҳал намоед. Дар мавриди пайдо шудани мушкилот аввал ба тартиби ҳалли масъалаҳои дар китоб пешкашшуда, баъд ба ҳалли масъалаҳои дар синф ҳалшуда ва дар охир ба матни параграфи китоб баргашта, масъаларо пурра ҳал кунед. Ҷавоби масъалаҳо дар охири китоб дода шудаанд.

5. Агар дар рафти омӯзиши маводи таълим чизеро нафаҳмидед ё мушкилии дигаре ба миён ояд, дарҳол ба муаллими худ муроҷиат намоед.

*Ба Шумо дар андӯхтани донишҳо  
муваффақият меҳоҳем!*

## Сарсухан барои муаллим

Китоби дарсӣ вобаста ба сохт ва мазмуни барномаи таълимӣ навишта мешавад. Барномае, ки онро Вазорати маорифи Ҷумҳурии Тоҷикистон барои истифода пешкаш намудааст, дар синфи 10 се қисми асоси физикаи муосирро миханика, физикаи молекулавӣ ва қисман электрик дар бар мегирад.

Мувофиқи барномаи номбурда хонандагон то синфи 10 оид ба ҳамаи фаслҳои физика маълумоти ибтидоӣ пайдо мекунанд. Дар синфи 10 онро ба таври муфассал хоҳанд омӯخت. Бо ҳамин далел ҳангоми таълифи қисми **механика** мо кӯшиш кардем, ки мафҳуми бузургҳо, қонуну қоидаҳои асосии механикиро дар тафаккури хонандагон аввалан тақрор, сипас ҳадалимкон тақмил диҳем, зеро мақсади асосии омӯзиши қисми мазкурро мо дар он мебинем, ки дар муҳлати муайян дониши хонандагонро оид ба мафҳуми бузургҳо, ки барои азхудкунии фаслҳои ояндаи физика заруранд, барқарору инкишоф бидиҳем.

Дар **физикаи молекулавӣ** сохт ва ҳосиятҳои моддаҳо дар асоси тасаввуроти молекулавӣ – кинетикӣ омӯхта мешаванд, ки мувофиқи он тамоми ҷисмҳо (саҳт, моеъ ё газ) аз шумораи зиёди молекулаҳои бетартиб (хаотикӣ) ҳаракаткунанда иборатанд. Шарҳи таҷрибавии ҳосиятҳои ҷисмҳо (фишоргузаронӣ, чандирият, гарминақлкунӣ ва ғайраҳо) чун зухуроти яққоии кулли ҳосиятҳои молекулаҳо моҳияти асосии омӯзиши физикаи молекулавиро ташкил медиҳад.

Ҳосиятҳои макроскопии (макрофизикӣ) ҷисмҳо ва ҳодисаҳои табиат бо истисноии хусусият ва сохти дохилии онҳо дар фасли «**Термодинамика**» муоина хоҳанд шуд.

Дар фасли «**Электрик**» мавзӯҳои «**Майдони электрикӣ**», «**Қонунҳои ҷараёни доимӣ**», «**Ҷараёни электрикӣ дар муҳитҳои гуногун**» пешкаш мегарданд. Дар айни ҳол мафҳуми бузургҳо дар асоси назарияи мавҷудаи электромагнитӣ дастраси хонандагон карда мешаванд.

Ҳамин тавр маводи таълимӣ дар китоб пешниҳодшуда назарияҳои физикавиеро дар бар мегирад, ки вобаста ба онҳо техникаю технологияи ҳозиразамон фаъолият мекунанд. Ба ин нигоҳ нақарда ба андешаи мо, агар муаллим ба ҷиҳати амалии мафҳумҳо, бузургҳо, қонуну падидаҳои физикӣ диққат дода, таълимро ба муҳити зист, ҳаёти ҳаррӯзаи хонандагон алоқаманд созад, самаранокии таълим бештар мегардад.

Баробари тадриси ин ё он мавзӯи дарсӣ Шуморо лозим меояд, ки як қатор таҷрибаҳои намоишдиҳӣ гузаронед, қорҳои мустақилона

ва лаборатории хонандагонро ташкил намоед, ки номгуи онҳо дар барномаи таълимӣ пешкаш шудаанд. Мо, муаллифони китоб, мефаҳмем, ки аксарияти асбобу таҷҳизоти барои гузаронидани таҷрибаҳо зарур, кӯҳнаю фарсуда гаштаанд ва шояд бисёре аз онҳо умуман ёфт нашаванд. Чунки баробари пешрафти ҷамъият, рушди илму техника ногузир онҳо тағйиру такмил меёбанд. Ҷои онҳоро таҷҳизоту воситаҳои нав ба нави таълим иваз мекунанд.

Бо мақсади дар ин ҷода ба Шумо ёрии амалӣ расонидан мо, дастури «Усули таълимӣ физика дар синфи 10»-ро ба таъб расонидем (Душанбе, "Арун", 2007 - 140 сах.) ва боварӣ дорем, ки бо ин амал оид ба тарзу усулҳои ба хонандагон дастрас намудани маводи таълим ва методҳои ҳалли масъалаҳо ба Шумо кӯмак хоҳем расонд.

Ҳангоми таълифи китоб маводи гуногуни таълимии то имрӯз таълифу чопшуда истифода шудаанд, ки ин ҳам мақсади гуногунрангу ҷолиб дастраскунии маводи таълимиро дорад. Ҳамзамон мо, муаллифон, ба муқарризи китоб - муаллимаи физикаи мактаби таҳсилоти умумии № 5, ш. Душанбе Баҳридиннова М., омӯзгори физикаи литсей-интернати президентӣ Файзуллоев Ҳ., Муминова Г., омӯзгори физикаи гимназияи №53-и ш. Душанбе Ҷумъаев Т., сармутахассиси идораи таҳсилоти умумии Вазорати маорифи Ҷумҳурии Тоҷикистон Заробеков М., дотсенти кафедраи услуби таълими физика ва технологияи ДДХ ба номи академик Б. Ғафуров – Обидҷонов Г., Арбоби илм ва техникаи ҚТ, профессор Мачидов. Ҳ., ки дастхати китобро хонда, барои беҳтар гаштани сифати он маслиҳати муфид додаанд, миннатдории бепоён изҳор менамоем.

Дар ҳар сурат ин китоб аз нуксонӣ камбудӣро ороӣ нест. Агар Шумо дар такмилдиҳии минбаъда ва беҳтар гаштани сифати китоб моро дастгирӣ кардан хоҳед, пас аз камбудӣҳои баназаррасида ва эродхоятон моро воқиф намоед.

Суроғаи мо: **734024, ш. Душанбе, кӯчаи Айни 45, Пажӯҳишгоҳи улуми педагогии Тоҷикистон.**

*Муаллифон*

# ҚИСМИ I

## МЕХАНИКА

Механика, ки ба омӯзиши асосҳои он Шумо шуруъ мекунед, илмест дар бораи ҳаракат ва таъсири мутақобили ҷисмҳои макроскопӣ. Номи «механика» аз калимаи «mechanike»-и юнонӣ гирифта шуда, маънои илм дар бораи мошинҳо, санъати мошинсозиро дорад.

Вазифаи муҳимтарини омӯзиши илми механика – дар лаҳзаҳои минбаъдаи вақт муайян кардани мавқеи (координатаҳо) ҷисме, ки бо ягон сабаб ба ҳаракат шуруъ намудааст, яъне омӯзиши ҳаракат ва таъсири мутақобилаи ҷисмҳо мебошад, ки ин ҳадаф дониستاني як қатор мафҳуми бузургиҳои механикиро талаб мекунад. Дониستاني мафҳуми бузургиҳои механикӣ ҳамчунин ҳангоми муфассал омӯختани фаслҳои дигари физика низ истифода мешавад. Маҳз бо ҳамин мақсад дар ин фасл мафҳуми бузургиҳои зарурии механикиро тақрор, донишҳои то ханӯз андӯхтаамонро барқарор ва ҳамзамон тақмил хоҳем дод.

### 1.1. МАФҲУМҲОИ АСОСИИ КИНЕМАТИКӢ

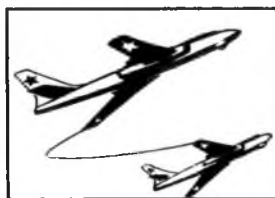
#### §1. Ҳаракати механикӣ

Дар муҳити моро ихотакунанда ҳама чиз дар ҳаракати бефосила мебошад: одамон, ҷисмҳои мошин ва механизмҳо, паррандаҳо даррандагон, ситораҳо сайёраҳо, обу хаво, зарраҳои хурди моддаҳо (атоми молекулаҳо) ва бурҷҳои олам дар ҳаракатанд. Қисми механикаро, ки дар он навъҳои ҳаракати ҷисмҳо ва тавсифоти онҳо омӯзонида мешавад, **кинематика** меноманд. Дар кинематика массаи ҷисмҳо ва қувваҳои ба онҳо таъсиркунанда ба ҳисоб гирифта намешаванд. **Шакли содатарини ҳаракат – ҳаракати механикӣ – бо мурури замон тағйирёбии мавқеи байни ҳамдигарии ҷисмҳо ё ки нисбат ба якдигар тағйирёбии мавқеи ҷисмҳои онҳо мебошад.**

**Нуктаи материалӣ (моддӣ).** Барои ба осонӣ фаҳмидани моҳияти ҳаракати ҷисмҳо аз мафҳуми нуктаи материалӣ истифода кардан беҳтар аст. Ҷисmero нуктаи материалӣ меноманд, ки андоза ва шакли онро дар мавриди муоинашаванда ба эътибор нагирифтани мумкин аст. Чавоб ба саволи «Оё ҷисmero ҳамчун нуктаи материалӣ қабул кардан мумкин аст?» на танҳо аз андозаҳои худӣ ҷисм, балки аз шартҳои мушаххаси масъалаи додашуда вобаста аст. Ҳамон як ҷисmero дар баъзе мавридҳо ҳамчун нуктаи материалӣ қабул кардан мумкин аст, вале дар мавридҳои дигар не. Масалан, киштии кайҳоние, ки нисбат ба мушоҳиди дар

маркази идоракуни, дар сатҳи Замин истода, чун нуқтаи материалӣ буда, нисбат ба кайҳоннаварде, ки ҳамроҳи киштӣ дар парвоз аст, нуқтаи материалӣ шуда наметавонад.

**Системаи сарҳисоб.** Вақте ки оид ба ҳаракати ҷисм сухан меронанд, кӯчиши онро нисбат ба ягон ҷисми дигар дар назар доранд. Агар ҷисми дигарро шартан пешакӣ ба ҳисоб нагирем, пас нофаҳмо мемонад, ки сухан дар бораи кадом ҳаракат меравад. Бигузор дар болои киштие, ки дар дарё шино мекунад, шахсе беҳаракат нишаста бошад. Мушоҳиди

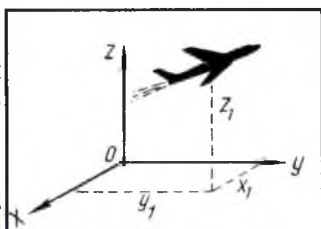


Расми 1

соҳили дарё мебинад, ки шахс ҳамроҳи киштӣ дар ҳаракат аст. Агар дар ҳамин вақт мувозӣ бо дарё дар соҳил бо ҳамон суръат автомобиле дар ҳаракат бошад, пас нисбат ба автомобил киштию шахси дар он нишаста мавқеи худро дигар намекунанд. Ҳамин тариқ, ҳаракати ҷисмҳо нисбӣ аст. Ҳолати оромӣ низ нисбӣ аст. Нисбияти ҳаракати ҷисмҳоро ҳангоми бензинпуркунии тайёраҳои дар парвоз буда хеле саҳеҳ ба ҳисоб мегиранд (расми 1), ки дар айни ҳол онҳо нисбат ба сатҳи Замин бо суръати садҳо километр дар ҳар соат ҳаракат карда, нисбат ба якдигар ором мемонанд.

Барои омӯхтани ҳаракати ягон объект пеш аз ҳама бояд ҷисми дигарро интиҳоб намуд, ки нисбат ба он ҳаракат ба вуқӯъ меояд. Одатан ин гуна ҷисмҳоро **ҷисми сарҳисоб** меноманд. Ҳар гуна ҷисм метавонад ҷисми сарҳисоб шавад, аммо интиҳоби на ҳар кадоми онҳо дар ҳамон як шароит ба мақсад мувофиқ буда метавонад. Чунончи, кӯчиши мошинро нисбат ба Офтобу Моҳ не, балки нисбат ба Замин муоина кардан афзалтар аст. Баръакс, ҳаракати сайёраҳоро нисбат ба Замин не, балки нисбат ба Офтоб мушоҳида намудан ба мақсад мувофиқтар аст. Барои муқаррар кардани тағйирёбии мавқеи ҷисмҳо дар сатҳи Замин бештар ба сифати ҷисми сарҳисоб ҷисмеро қабул мекунанд, ки он нисбат ба Замин беҳаракат бошад (бино, симчӯб, дарахт ва ғ.).

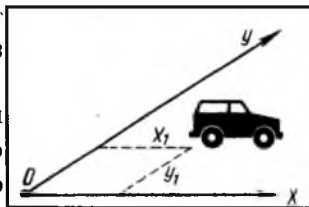
Одатан ба ҷисми сарҳисоб системаи координатаҳоро алокаманд мегиранд (расми 2). Мавқеи ҷисми ҳаракаткунанда (дар расм тайёра) аз рӯи се координата  $X$ ,  $Y$  ва  $Z$  дар ҳар як лаҳзаи вақти  $t$  муайян карда мешавад. Агар ҳаракат дар ҳамворӣ ба амал ояд, пас беҳтар аст, ки ду хати рости байни худ перпендикуляр:  $OX$  ва  $OY$  – ро, ки дар як ҳамворӣ меҳобанд, ба сифати координатаҳои ҷисм қабул намоем. Чунончи, автомобиле, ки



Расми 2

дар расми 3 нишон дода шудааст, дар чунин ҳамворӣ ҳаракат мекунад. Дар охир агар ҷисм ростхатта ҳаракат намояд, пас яке аз тирҳои

координатаро (масалан, ОХ) бо ин хати рост ҳамчоя ҳисобида, тирҳои боқимондаро аз эътибор соқит доништан мумкин аст.



Расми 3

Барои дарки дурусти ҳаракат ғайри ҷисми сарҳисоб ва системаи координатаҳо инчунин тарзи интихоби ҷенкунии вақт зарур аст. Вақтро бо ёрии соат ҷен мекунамд, ки он бояд нисбат ба ҷисми сарҳисоб беҳаракат

бошад. **Ҷисми сарҳисоб, системаи координатаҳои ба он алоқаманд ва тарзи интихобшудан вақтро одатан системаи сарҳисоб меноманд.** Барои дуруст тасаввур кардани ҳаракати ҷисм дар системаи сарҳисоби интихобшуда бо мурури замон ҷи гуна тағйир ёфтани координатаҳои ҷисми ҳаракаткунандаро доништан лозим аст.

### ? Саволҳои санҷишӣ

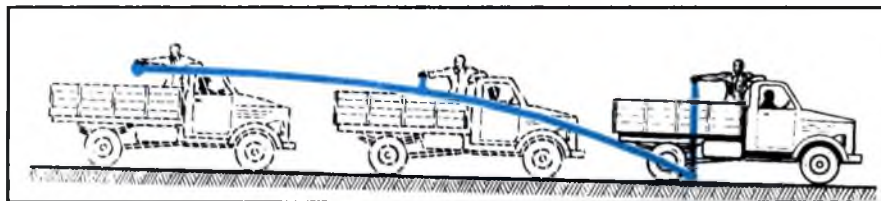
1. Ҳаракати механикӣ ҷист? Онро бо мисолҳо шарҳ диҳед.
2. Нисбияти ҳаракат ва оромиро шумо ҷи гуна мефаҳмед?
3. Ҷиро системаи сарҳисоб меноманд?

### ! Машқи 1

1. Нисбияти ҳаракат ва оромиро дар мисоли ҳаракати теги дастгоҳи харротӣ шарҳ диҳед.
2. Ғалларо аз ғалладони комбайн ба автомобиле мерезанд, ки ҳар ду дар ҳаракатанд. Дар айни замон автомобил нисбат ба Замин дар ҳаракат аст ё дар ҳолати оромӣ? Нисбат ба комбайн ҷи?

## §2. Ҳаракати ростхаттаи мунтазам Масири (траектория) ҳаракати ҷисм

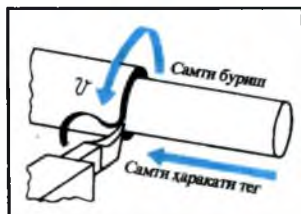
Ҷисми ҳаракаткунанда дар системаи сарҳисоби интихобӣ гӯё хатеро мекашида бошад, ки онро **масири (траектория) ҳаракати ҷисм** меноманд. Масири тайёраи реактивиро, ки дар баландии зиёд парвоз мекунад, аз рӯи изи сафеди туманшаклаш, масири автомобил ё велосипедро аз рӯи нақши ҷарҳояшон дар роҳ дида метавонем. Фарз мекунем, ки дар қитъаи ростхаттаи роҳ аз болои автомобили боркаш, ки ба пеш ҳаракат мекунад, ҷисме меафтад (расми 4)



Расми 4



Ин ҷисм нисбат ба автомобил амудӣ, вале нисбат ба роҳ аз рӯи хати қач меафтад. Ҷисmero, ки харротӣ мекунад, нисбат ба худӣ дастгоҳ чарх мезанад, аммо теги дастгоҳ бошад, пешраванда ҳаракат мекунад (расми 5).

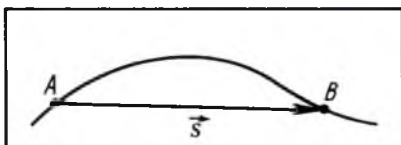


Расми 5

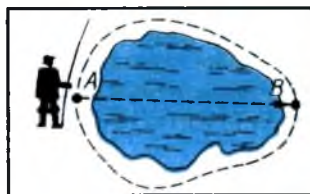
Ҳамон тег нисбат ба ҷисми харротӣшаванда чун мурват ҳаракат мекунад.

**Роҳ ва қучиш. Суръат.** Агар масофаро қад-қадӣ масир аз нуқтаи ибтидоии ҳаракат то нуқтаи охири чен кунем, пас дарозии роҳро ҳосил мекунем, ки онро ҷисм дар ягон фосилаи вақт тай намудааст. Роҳ – бузургии скалярӣ мебошад. Онро бо метрҳо (ё бо дигар воҳидҳои дарозӣ) чен мекунад ва аз рӯи он муайян мегардад, ки ҷисм аз рӯи масири худ чӣ қадар ҷои худро иваз намудааст. Вале аз рӯи он муайян кардан мумкин нест, ки ҷисм ба кадом самт ҳаракат кардааст ва ҳоло дар қучо мавқеъ гирифтааст. Барои дар лаҳзаи дилхоҳи вақт муайян кардани мавқеи ҷисм роҳи паймудаи онро не, балки қучиши онро доништан лозим аст.

Бузургии вектори  $\vec{S}$  -ро қучиши ҷисм меноманд, ки он мавқеи аввалаи ҷисмро ба мавқеи охиринаш мепайвандад (расми 6).



Расми 6



Расми 7

Қучиш ва роҳ бузургиҳои гуногуни физикианд. Фарз кунем моҳигир аз як тарафи соҳили қул ба тарафи дигари он гузаштан мехоҳад (расми 7). Вай метавонад ба соҳили муқобил ҷи аз тарафи рост, ҷи аз тарафи чап ҳаракат намояд, ё худ қулро бо заврақ шино кунад. Дар ҳар маврид қучиш (AB) ҳамон як бузургист, вале дарозии роҳҳои паймудаи моҳигир гуногун мешаванд. Бисёр вақтҳо самти векторҳои қучишу масири ҳаракати ҷисм мувофиқ намеоянд. Онҳо танҳо ҳангоми ҳаракати ростхаттаи ҷисм мувофиқ меоянду ҳалос.

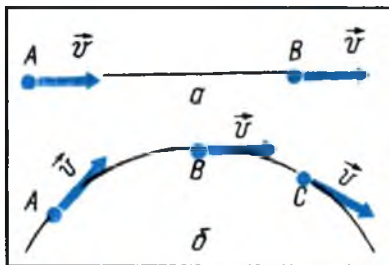
Қучиши ҷисмро аз рӯи формулаи зерин

$$\vec{S} = \vec{g} \cdot t \quad (1.1.1)$$

ҳисоб мекунад, ки дар ин ҷо  $\vec{g}$  – вектори суръат,  $t$  – вақти ҳаракат мебошанд.

Барои фаҳмидани зудӣ ва самти ҳаракати ҷисм бузургии векториеро

истифода мебаранд, ки он суръати ҷисм номида мешавад. Ҳангоми ҳаракати ростхаттаи ҷисм самти суръат ба самти кӯчиш мувофиқат мекунад (расми 8, а), вале ҳангоми ҳаракати қачхатта суръат ба масир самти расандаро дорад (расми 8, б). Суръатро ҳамчун нисбати кӯчиши ҷисм бар фосилаи вақт  $t$  муайян мекунанд:



Расми 8

$$\vec{v} = \frac{S}{t} \quad (1.1.2)$$

Воҳиди суръат дар системаи байналхалқӣ (СБ)-и воҳидҳо  $1\text{ м/с}$  мебошад.

Агар ҷисм дар фосилаҳои якхелаи вақт бо масири ростхатта кӯчишҳои якхеларо иҷро намояд, ҳаракати онро мунтазам меноманд, ки бо ин намуи ҳаракат мо аз физикаи синфи 7 шинос ҳастем.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Чиро масири ҳаракат меноманд ва масирҳо чӣ гуна мешаванд?
2. Магар дар системаҳои сарҳисоби гуногун масири ҳаракати ҷисмҳо якхела шуда метавонанд? Мисолҳо биёред.
3. Байни дарозии роҳ ва кӯчиши ҷисм чӣ фарқ аст?
4. Суръати ҷисм аз рои чӣ тавсиф дода мешавад? Суръати ҷисм ҳангоми ҳаракати қачхатта чӣ гуна самт дорад?

### Машқи 2

1. Аз қатори дар роҳи оҳан мунтазам ҳаракаткунанда тӯbero амудан ба боло партофтанд. Масири ҳаракати тӯb нисбат ба қатор чӣ гуна мешавад? Нисбат ба роҳи оҳан чӣ?
2. Варзишгар дар майдони варзиш нимдавраи радиусаш  $30\text{ м}$ -ро давида гузашт. Роҳи паймуда ва кӯчиши онро муайян кунед.
3. Роҳқирои таксӣ вобаста ба дарозии роҳ дода мешавад ё барои кӯчиш?

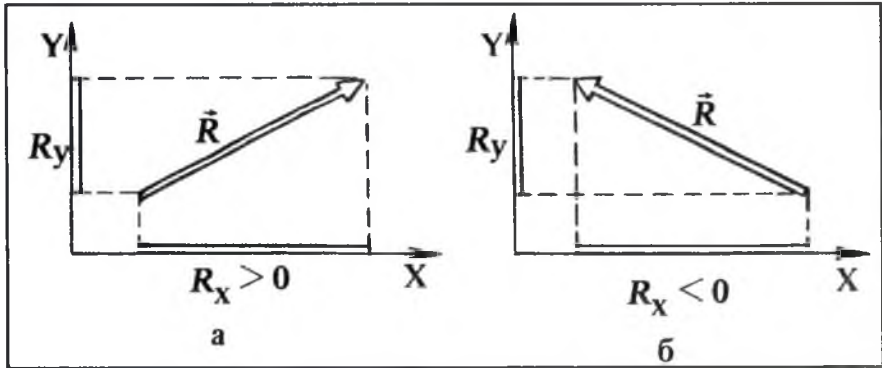
## §3. Векторҳо. Амалҳо бо векторҳо

Бо мафҳуми вектор шумо аз фанни математика шинос ҳастед. Дар параграфи мазкур Шуморо аслан бо қоидаҳои умумие, ки бо бузургҳои вектории физикӣ иҷро карда мешаванд (амалҳо бо векторҳо), ошно карданием.

Бузургҳои векторӣ дар шакли порчаҳои самтнок, ки дарозии онҳо ба қимати мутлақашон (модул) мутаносиб аст (қимати мутлақи бузургии векторӣ қимати ададии онро меноманд, ки аломати мусбат

дорад), тасвир карда мешаванд. Бузургиҳои векторӣ одатан бо ҳарфҳои нимгафс ( $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}, \dots$ ), вале дар ин китоб бо ҳарфҳои дар болояш хатча ( $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}, \dots$ ) ишорат карда мешаванд. Қимати мутлақи вектор бузургии скалярии ҳамеша мусбат буда, бо аломати  $|\vec{A}|$  ё  $|\vec{A}|$  ишорат карда мешавад.

Проексияи вектор дар тирҳои координатии X ва Y дарозии порчаҳои  $R_x$  ва  $R_y$  -ро меноманд (расми 9, а), ки бо проексияҳои



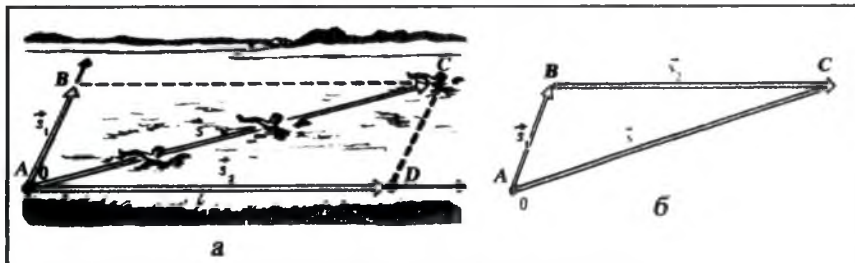
Расми 9

нуқтаҳои ибтидоӣ ва интиҳӣ дар тирӣ координата маҳдуд гаштаанд. Проексияи вектор – бузургии скалярӣ аст.

Проексияи вектор дар тирӣ координатӣ мусбат ҳисобида мешавад, агар ҳаракат аз проексияи ибтидоӣ вектор ба проексияи охири вектор ҳамсамти тирӣ координата бошад. Дар акси ҳол проексияи вектор аломати манфиро соҳиб мешавад (Расми 9, б).

Аз математика Шумо медонед, ки бузургиҳои векториро геометрӣ чамъ мекунанд. Ин хосияти бузургиҳои векториро дар мисоли кӯчиши шиновар муоина мекунем.

Бигузур шиновар аз нуқтаи A дарёро перпендикуляр шино карда гузарад (расми 10, а). Кӯчиши шиновар дар ягон фосилаи вақт нисбат



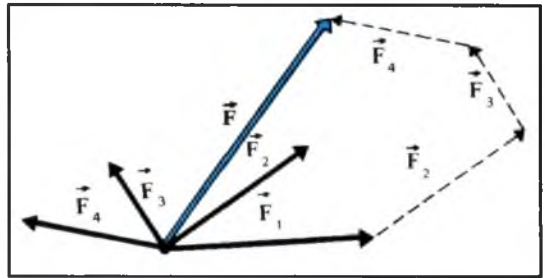
Расми 10

ба оби дарё  $\vec{S}_1$  ва нисбат ба сохил  $\vec{S}_2$  мешавад. Шиноварро ба масофаи  $\vec{S}_2$  об мебарад. Натиҷаи чамъи кӯчишҳои шиновар нисбат ба обу нисбат ба сохил аст, ки  $\vec{u}$  дар нуқтаи С мешавад. Кучиши натиҷавии шиновар нисбат ба системаи сарҳисоби ба Замин пайваست ба диагонали АС-и параллелограми АВСД баробар аст, ки он аз рӯи кӯчишҳои  $\vec{S}_1$  ва  $\vec{S}_2$  ҳосил шудааст. Яъне  $\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$ .

Векторҳоро ба таври дигар низ чамъ кардан мумкин аст: аз нуқтаи охирини вектори  $\vec{S}_1$  баробари худ вектори  $\vec{S}_2$  мувозӣ ба он вектори дигар мегузаронанд (расми 10, б).

Вектори АС, ки тарафи сеюми секунҷаи АВС-ро таъкил менамояд, суммаи векторҳои  $\vec{S}_1$  ва  $\vec{S}_2$  мебошад.

Ҳамин тавр, кондаи мазкурро истифода бурда, суммаи якчанд векторҳоро ёфтани мумкин аст. Дар айни ҳол яке аз векторҳоро интиҳоб намуда, аз охири он мувозӣ ба ҳар қадом векторҳои дигари чамъшаванда векторҳо мегузаронанд (расми 11).



Расми 11

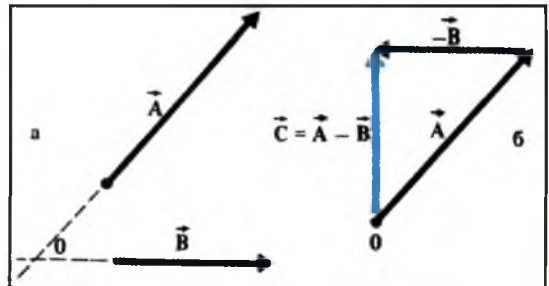
Суммаи векторҳо, ки вектори натиҷавӣ ном дорад ба  $\vec{F}$  баробар аст. Қимати мутлақи вектори мазкур ба масофаи байни ибтидои вектори аввала ва нуқтаи охири вектори чамъшавандаи охири баробар аст.

Чамъи векторҳои болоро ин тавр менависанд:

$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \dots + \vec{F}_n$ . Ҳамаи гуфтаҳои болоро бо кондаи зерин чамъбаст намудан мумкин аст:

**Бузургиҳои физикиро, ки бо нуқтаи гузориш, қимати ададӣ, самт ва чамъи геометрияшон тавсиф меёбанд бузургиҳои векторӣ меноманд.**

Ҳангоми зарб кардани вектори  $\vec{R}$  ба скаляри С, вектори нави  $\vec{P}$  ҳосил мешавад, ки қимати он ба ҳосили зарби қиматҳои мутлақи вектори  $\vec{R}$  ва қимати мутлақи скаляри С баробар аст:  $\vec{P} = C \cdot \vec{R}$   
Агар скаляри С



Расми 12

бузургии мусбат бошад, пас векторҳои  $\vec{P}$  ва  $\vec{R}$  ҳамсамт ва скаляри  $C$  манфӣ бошад, ин векторҳо самтҳои муқобил доранд.

Агар аз вектори  $\vec{A}$  вектори  $\vec{B}$ -ро (расми 12, а) тарҳ кардан лозим бошад, пас ба вектори  $\vec{A}$  вектори  $\vec{B}$ -и муқобилсамтро ҳам мекунад.

Барои ин ба охири вектори  $\vec{A}$  (қоидаи секунҷа) вектори  $\vec{B}$ -ро мегузоранд (расми 12, б).

Тарафи сеюми секунҷа  $\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$  мешавад.



### Саволҳои санҷишӣ

1. Оид ба бузургии векторӣ мисолҳо биёред.
2. Чиро проексияи вектор меноманд?
3. Бузургии векториро чӣ тавр ҳам мекунад?
4. Натиҷаи зарби вектор бо скаляр чӣ гуна бузургӣ мешавад?
5. Бузургии векториро чӣ гуна тарҳ мекунад?

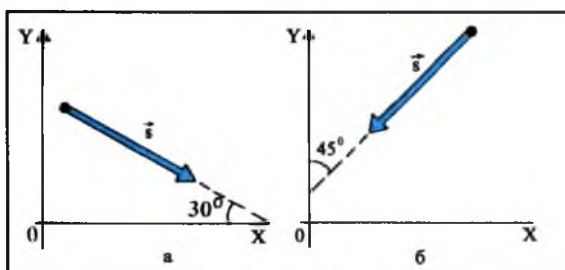


### Машқи 3

1. Суръати ҷараёни оби дарё 3 м/с ва заврақ нисбат ба он перпендикуляр бо суръати 4 м/с ҳаракат мекунад. Суръати ҳаракати заврақро нисбат ба соҳили дарё муайян кунед.

2. Қимати мулғаи вектори кӯчиш  $S=12$  км. Проексияи векторҳо дар тирӣ ордината муайян кунед, агар онҳо мисли расми 13 а.б ҷойгир шуда бошанд.

3. Ибтот кунед, ки проексияи вектори натиҷавӣ ба суммаи проексияҳои векторҳои ҳамшаванда баробар аст.



Расми 13

## § 4\*. Бузургии инвариантӣ ва нисбии кинематикӣ

Аз рӯи бузургии ҳаракати ҷисмро тавсифдиҳанда (масир, суръат ва ғ.), ки дар ягон системаи сарҳисоб маълуманд, ёфтани ҳамин гуна бузургии дар системаҳои сарҳисоби дигар масъалаи бағоят муҳим аст. Зеро ҳангоми гузариш ба системаи дигар баъзеи онҳо тағйир меёбанд.

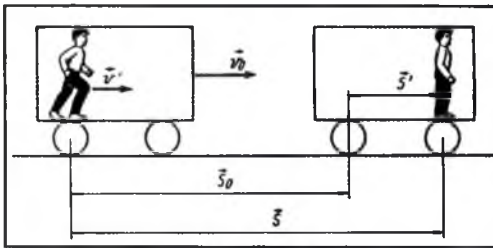
**Бузургииҳоеро, ки дар ҳамаи системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ қимати якхела доранд, бузургииҳои инвариантӣ меноманд.**

Дар механикаи классикӣ вақт бузургии инвариантӣ аст. Инро мо дар ҳаёти ҳаррӯзаамон мушоҳида карда метавонем. Мусофири сахари барвақт аз Душанбе ба Тошканд парвозкарда бегоҳӣ хангоми бозгашт дар байни соати дастии худ ва соати дар майдони ҳавоии Душанбе буда фарқе намебинад. Чунки дар системаи сарҳисоби беҳаракати «Замин» ва дар системаи ҳаракатноки тайёра фосилаҳои вақт якхелаанд, яъне

$$\Delta t = \Delta t'$$

Ҳосияти инвариантии фосилаҳои вақт на дар асоси кашфи қонунҳои механика, балки дар натиҷаи таҷрибаи ҳаётии одамон ба миён омадааст. Инсон дар таҷрибаи ҳаётии худ ба ҳаракати ҷисмҳои дучор меомад, ки суръаташон на бештар аз 10-100 км/с буд. Бинобар ин мафҳуми инвариантии фосилаҳои вақт дар системаҳои сарҳисоби гуногун маҳз барои ҳамин гуна суръатҳо дуруст аст. Магар фосилаҳои вақти байни ду ҳодисае, ки дар системаҳои сарҳисоби нисбат ба якдигар бо суръатҳои зиёд фарқкунанда ҳаракат мекунанд, якхела шуда метавонад? Дар назари аввал чунин менамояд, ки ба ин савол ҷавоби яқинматаи мусбат бояд дод. Аслан дар системаҳои сарҳисобе, ки нисбат ба якдигар бо суръатҳои ба суръати рӯшноӣ наздик ҳаракат мекунанд, фосилаи вақт бузургии инвариантӣ шуда наметавонад, ки дар ин бора баъдтар маълумот медиҳем.

Бисёр бузургиҳои физикӣ аз интихоби системаҳои сарҳисоб вобастаанд, ки онҳоро **бузургиҳои нисбӣ** меноманд.



Расми 14

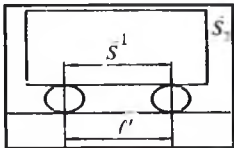
Яке аз бузургиҳои нисбӣ дар механика кӯчиши ҷисм аст. Агар дар қатори ҳаракатнок мусофир аз як тарафи қатора ба тарафи дигари он гузарад, кӯчиши он  $\vec{S}'$  дар системаи сарҳисоби ба қатора алоқаманд ба якҷанд метр баробар мешавад. Аммо кӯчиши ҳамон мусофир ( $\vec{S}$ )

дар системаи сарҳисоби ба Замин пайваст (расми 14) ба ҷамъи кӯчишҳои он нисбат ба қатора  $\vec{S}'$  ва кӯчиши қатора нисбат ба Замин  $\vec{S}_0$  баробар мешавад:

$$\vec{S} = \vec{S}' + \vec{S}_0$$

Агар яке аз системаҳои сарҳисоб нисбат ба дигараш бо суръати доимии  $\vec{v}_0$  ҳаракат кунад, пас ифодаи боло шакли зерин мегирад:

$$\vec{S} = \vec{S}' + \vec{v}_0 \Delta t$$



Расми 15

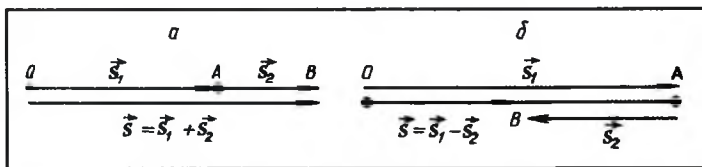
Аз тарафи дигар дарозии порча, масалан, масофаи байни тирҳои чархҳои қатораҳо  $\vec{S}^1 = l'$  аз он вобастагӣ надорад, ки ченкуниҳо дар қадом системаи сарҳисоб гузаронида мешаванд, яъне бузургии инварианти мебошад (Расми 15).

## § 5. Чамъ кардани кӯчишҳо. Чамъ кардани суръатҳо

Системаи сарҳисоберо, ки нисбат ба он ҳаракати ҷисм муоина карда мешавад, нисбат ба ягон системаи сарҳисоби дигари ором дар ҳаракат гуфта, қабул кардан мумкин аст. Чунончи системаи сарҳисоби ба қатора алоқаманд нисбат ба системаи сарҳисоби ба истгоҳи роҳи оҳан алоқаманд дар ҳаракат буда метавонад. Дида мебароем, ки аз рӯи кӯчиш ва суръати мусофир дар системаи сарҳисоби ҳаракатнок («қатора») кӯчиш ва суръати мусофирро дар системаи беҳаракат («истгоҳ») чӣ тавр ёфтан мумкин аст?

Фаҳмост, ки мусофир дар қатора роҳ рафта, ҳамзамон нисбат ба истгоҳ ҳаракат мекунад. Бигузор кӯчиши қатора дар лаҳзаи  $t$  ба  $\vec{S}_1$  ва кӯчиши мусофир дар қатора  $\vec{S}_2$  бошад. Пас кӯчиши мусофир  $\vec{S}$  мувофиқи қоидаи чамъи векторҳо нисбат ба истгоҳ ба  $\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$  баробар мешавад.

Агар мусофир ба рафти қатора ҳаракат кунад, пас самти векторҳои  $\vec{S}_1$  ва  $\vec{S}_2$  мувофиқат мекунад (расми 16, а).



Расми 16

Вектори кӯчиши  $\vec{S}$  ҳам самти векторҳои  $\vec{S}_1$  ва  $\vec{S}_2$  - ро дорад, ва қимати мутлақи он ба суммаи қиматҳои мутлақи векторҳои  $\vec{S}_1$  ва  $\vec{S}_2$  баробар аст:

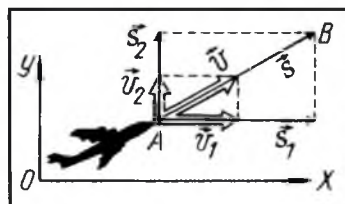
$$|\vec{S}| = |\vec{S}_1| + |\vec{S}_2|$$

Агар мусофир муқобили самти ҳаракати қатора ҳаракат кунад, пас

векторҳои  $\vec{S}_1$  ва  $\vec{S}_2$  самтҳои муқобил доранд (расми 16. б), кўчиши  $\vec{S}$  ба самти вектори бузург ( $\vec{S}_1$ ) равона буда, қимати мутлақи он ба фарқи қиматҳои мутлақи векторҳои  $\vec{S}_1$  ва  $\vec{S}_2$  баробар мешавад.

$$|\vec{S}| = |\vec{S}_1| - |\vec{S}_2| \quad (1.1.3)$$

Аммо кўчишҳое, ки нисбат ба якдигар тахти кунҷ ба амал меоянд, масалан, кўчиши натиҷавии тайёраеро, ки ҳангоми вазидани шамол ҳаракат мекунад чӣ тавр чамъ мекунанд? Бигузур тайёра аз шарқ ба ғарб бо ягон суръати  $\vec{G}_1$  ҳаракат кунад, вале шамол аз тарафи шимол вазанда нисбат ба сатҳи Замин суръати  $\vec{G}_2$  - ро дорост. Пас тайёра аз ғарб ба шарқ ва бо таъсири шамол ба ҷануб мекўҷад. Дар фосилаи вақти  $t$  кўчиши он ба шарқ  $\vec{S}_1 = \vec{G}_1 \cdot t$  ва ба ҷануб  $\vec{S}_2 = \vec{G}_2 \cdot t$  мешавад. Ҳамин тавр, аз нуқтаи А мувофиқан ба кўчиши тайёра вектори  $\vec{S}_1$  ва  $\vec{S}_2$  - ро нисбат ба Замин (расми 17) мегузаронем. Дар натиҷа тайёра ба нуқтаи В меояд. Ҳамин тариқ муайян кардани кўчиши натиҷавӣ аз ёфтани диагонали параллелограмме иборат аст, ки тарафҳои он аз кўчиши тайёра бо таъсири муҳаррик  $\vec{S}_1$  ва кўчиши он бо таъсири шамол  $\vec{S}_2$  иборатанд. Ин қоидаи чамъи кўчишҳоро одатан қоидаи параллелограмм меноманд, ки мазмуни он аз расми 17 равшан мегардад.



Расми 17

Чунин қоидаи чамъи векторҳо аз геометрия низ маълум аст.

Азбаски суръати ҳисм аз рӯи кўчиши он дар воҳиди вақт муайян карда мешавад, қоидаи параллелограммро барои чамъи суръатҳо низ истифода мебаранд (расми 17).

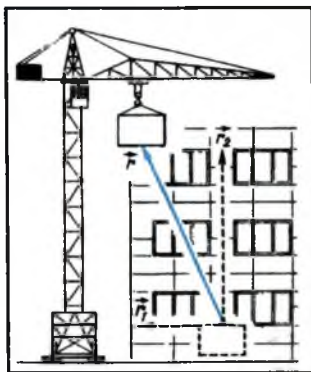
Хусусан, истифодаи қоидаи чамъи суръатҳо ҳангоми ба мадор баровардани радиҳои маснуи Замин ҷолиби диққат аст. Барои ба мадор баровардани радиф ба вай нисбат ба маркази Замин бояд суръати қариб 8 км/с дода шавад. Бо сабаби гардиши Замин ҳисми сатҳи он ба суръати  $\vec{G}_1$  (суръати Замин) соҳиб аст. Агар радиф ба самти шарқ сар дода шавад, суръати он ба  $\vec{G}_1 + \vec{G}_2$  баробар мешавад, ки дар ин ҷо  $\vec{G}_2$  суръати аз тарафи муҳаррики реактивӣ ба радиф бахшидашаванда мебошад. Яъне дар ин маврид муҳаррик ба вай суръате мебахшад, ки аз 8 км/с фарқ мекунад. Ҳангоми ба самти ғарб парвоз кардани радиф суръати он  $\vec{G}_2 - \vec{G}_1$  шуда, бояд ба вай суръати аз 8 км/с зиёд дода шавад. Ҳамин тариқ, радифҳоро ба самти шарқ сар додан беҳтар аст (ҷое, ки



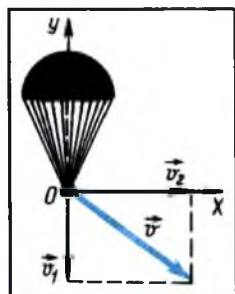
$\vec{g}_1$  бештар аст, ба экватор наздик). Дар хамин асос космодромхоро, ки аз он чо киштиҳои кайҳонӣ радиёфҳо ба мадор бароварда мешаванд, ба хати истиво (экватор) наздик сохтан ба мақсад мувофиқ аст.

Дар амалия баъзан кучишҳои мураккаб низ дучор меоянд. Чунончи, кучиши борро бо крани борбардор (расми 18) ҳамчун кучишҳои самташон амудию ( $\vec{r}_1$ ) уфуқӣ ( $\vec{r}_2$ ) муоина намудан мумкин аст.

**Масъала.** Суръати фурудои парашютчӣ дар ҳавои бешамол  $g_1 = 4 \text{ м/с}$  аст. Агар ба



Расми 18



Расми 19

самти уфуқӣ бо суръати  $g_2 = 5 \text{ м/с}$  шамол вазад, суръати фурудои парашютчӣ чӣ қадар мешавад?

Ҳал. Сатҳи Замиро ҳамчун қисми сарҳисоб мегирем. Парашютчӣ нисбат ба ҳаво бо суръати  $g_1$  амудан ба поён ҳаракат мекунад ва шамол онро ба уфуқ бо суръати  $g_2$  мебарад (расми 19). Аз ин рӯ суръати фурудои парашютчӣ  $\vec{g} = \vec{g}_1 + \vec{g}_2$  ва қимати мутлақи суръати  $\vec{g}$  (дар асоси теоремаи Пифагор) ба  $g = \sqrt{g_1^2 + g_2^2}$  ё  $g \approx 6,4 \text{ м/с}$  баробар мешавад.

### ? Саволҳои санҷишӣ

1. Кучишҳо чӣ гуна ҳам карда мешаванд? Мисолҳо оред.
2. Суръатҳоро чӣ тавр ҳам мекунад?

### ! Машқи 4

1. Автобус ва троллейбус ба як тараф ҳаракат мекунад. Агар суръати троллейбус  $30 \text{ км/ст}$  ва суръати автобус  $45 \text{ км/ст}$  бошад, пас суръати нисбии онҳоро муайян кунед. Масъаларо ҳангоми ба самтҳои муқобил ҳаракат қардани онҳо низ ҳал кунед.

2. Ду заврақ, ки масофаи байнашон  $480 \text{ м}$  аст, қад-қади дарё ба истиқболи ҳамдигар шино мекунад. Агар суръати чараёни об  $2 \text{ м/с}$ , суръати ҳар қадоме аз заврақҳо нисбат ба об  $4 \text{ м/с}$  бошад, баъди чӣ қадар вақт масофаи байни онҳо ба  $160 \text{ м}$  мерасад?

3. Ҷисм сеяки роҳро бо суръати  $36 \text{ км/ст}$  ва қисми боқимондаи он  $300 \text{ м}$ -ро дар як дақиқа тай кард. Ҷисм чанд вақт дар ҳаракат буд ва вай чӣ қадар роҳро тай кард?

4. Аз ду роҳи мошингарди якдигарро таҳти кунҷи  $60^\circ$  буридагузаранда ду автомобил бо суръатҳои якхелаи  $54 \text{ км/ст}$  ҳаракат мекунад. Баъди чӣ қадар вақти воҳурии онҳо дар чорроҳа масофаи байни онҳо  $3 \text{ км}$  мешавад?

## § 6. Ҳаракати ростхаттаи номунтазам

Ҳаракати автобус, троллейбус, қатора ва дигархоро мушоҳида намуда, мо мефаҳмем, ки дар баъзе китъаҳои роҳ онҳо тез ва дар китъаҳои дигар сусттар мераванд ва дар истгоҳ суръати онҳо ба сифр баробар мешавад. Яъне, суръати онҳо бо мурури замон тағйир меёбад. Ин гуна ҳаракатро **номунтазам** ё **тағйирёбанда** меноманд.

**Суръати миёна ва лаҳзагӣ.** Барои тавсифи ҳаракати тағйирёбанда аз мафҳуми суръати миёна  $\bar{g}_m$  истифода мебаранд. Барои дар китъаи додшудаи роҳ ёфтани суръати миёнаи ҷисм роҳи тайнамудаи онро ба вақти ҳаракат тақсим бояд кард:

$$\bar{g}_m = \frac{S}{t} \quad (1.1.4)$$

Суръати миёна танҳо оид ба қимати ададии суръат дар китъаи тайшудаи роҳ маълумот медиҳад. Вай қобили муайян кардани самти ҳаракати ҷисм нест. Аксар вақт суръати миёна не, балки дар лаҳзаи муайяни вақт ё ки дар нуқтаи додшудаи роҳ донистани суръат зарур мешавад. Масалан, барои киштии кайҳонӣ дониستان зарур аст, ки дар лаҳзаи ҷудокунии барандаи киштӣ – Ҳангоми ба охир расидани кори муҳаррик ё Ҳангоми фурудой – ба қабатҳои зичтари атмосфера дохилшавиаш суръати он чӣ қадар аст? **Суръатеро, ки ба он ҷисм дар лаҳзаи додшудаи вақт дорост, суръати лаҳзагӣ меноманд.** Суръати лаҳзагӣ – бузургии векторӣ аст. Спидометрҳои автомобил, тайёра, мотосиклҳо ва ғ. қимати мутлақ (қимати ададӣ)-и суръати лаҳзагиро нишон медиҳанд.

**Шитоб.** Дар ҳаракати тағйирёбандаи ҷисмҳо баъзан мебинем, ки суръат тадричан тағйир меёбад. Чунончи, қатора суръати 20 м/с - ро дар тӯли 45-50 с, вале киштии кайҳонӣ дар бадали чанд дақиқа ба суръати 2000-5000 м/с соҳиб мешавад. Барои тавсифи зудии тағйирёбии суръати ҷисм мафҳуми шитобро истифода мебаранд. Онро аз рӯи тағйирёбии суръат дар фосилаи додшудаи вақт муайян мекунамд. Агар дар лаҳзаи ибтидоии вақт  $t_0=0$  суръати ҷисм  $\vec{g}_0$  бошад ва баъди гузаштани фосилаи вақти  $t$  суръати он  $\vec{g}$  шавад, пас шитоб ба

$$\vec{a} = \frac{\vec{g} - \vec{g}_0}{t} \quad (1.1.5)$$

баробар мешавад.

Шитоб бузургии векторӣ чун ҳосили зарби вектор ( $\vec{g}$ ) ба скаляр  $\left(\frac{1}{t}\right)$  аст. Ҳангоми ҳаракати ростхатта қимати ададии шитоб ба  $\left(\frac{1}{t}\right)$  нисбати тағйирёбии қимати мутлақи суръат бар фосилаи вақте, ки ин тағйирёбӣ ба амал омадааст, баробар аст.

$$a = \frac{g - g_0}{t}$$

Воҳиди ченкунии шитоб дар системаи байналхалқӣ (СБ)  $m/s^2$  аст.

**Масъала.** Киштии канотҳои зеробидошта дар ду соати аввала 160 км шино карда, дар се соати минбаъда бо суръати 60 км/ст ҳаракат намуд. Суръати миёнаи ҳаракати киштӣ дар тамоми роҳ чӣ қадар аст?

**Ҳал.** Дарозии тамоми роҳро муайян мекунем. Аввал 160 км баъд 60 км/ст  $\cdot 3\text{ст} = 180\text{ км}$ .

$$\text{Ҳамагӣ } S = S_1 + S_2 = 180\text{ км} + 160\text{ км} = 340\text{ км}.$$

Ҳамин тавр, киштӣ тамоми роҳ 340 км-ро дар 5 соат тай намудааст. Пас, суръати миёнаи киштӣ ба

$$v_m = \frac{340\text{ км}}{5\text{ст}} = 68\text{ км/ст}$$

баробар аст.

Таваҷҷӯҳ намоед, ки суръати миёна аз қимати миёнаи арифметикии суръатҳои киштӣ 80 км/ст ва 60 км/ст фарқ мекунад.



### Саволҳои санҷишӣ

1. Чиро суръати миёнаи ҳаракати тағйирёбанда меноманд? Суръати лаҳзагӣ чист?
2. Дар аломатҳои маҳдудкунандаи суръати нақлиёт, ки дар роҳҳо гузошта мешаванд, кадом суръат — миёна ё лаҳзагӣ нишон дода мешавад?
3. Дар кадом маврид қиматҳои мутлақи суръатҳои миёна ва лаҳзагӣ мувофиқ меоянд?
4. Шитоб чист? Вай бузургии векторӣ аст ё скалярӣ?
5. Шитоби ҳисм чӣ тавр муайян карда мешавад?



### Машқи 5

1. Қатора қитъаи аввали роҳро бо суръати 54 км/ст дар 2 соат, вале қитъаи боқимондаи роҳ 216 км-ро дар 3 соат тай намуд. Суръати миёнаи қатораро дар тамоми роҳ муайян кунед.
2. Мусофири дар назди тирезаи қатораи бо суръати 54 км/ст ҳаракаткунанда нишаста, қатораи дарозинаш 225 м бударо, ки бо суръати 36 км/ст муқобил ҳаракат мекунад, чанд вақт мебинад?
3. Қайқ ба муқобили чараёни дарёи Сир бо суръати 20 км/ст, аммо ба рафти дарё ҳамон масофаро бо суръати 30 км/ст шино мекунад. Суръати миёнаи ҳаракати қайқро ёбед.
4. Агар суръати ибтидоии троллейбус 20 м/с ва шитоби он  $-1,25\text{ м/с}^2$  бошад, вай баъди чанд вақт меистад?
5. Шитоби ҳисм ба  $-2\text{ м/с}^2$  баробар аст. Ин чӣ маъно дорад?
6. Автомобили бо шитоби  $0,5\text{ м/с}^2$  тормозхӯранда баъди 10 с ҳаракат карданаҳ ба кадом суръат соҳиб мешавад, агар суръати ибтидоии он 54 км/ст бошад?

## § 7. Суръат ва роҳ ҳангоми ҳаракати ростхаттаи собитшитоб

Агар суръати ҷисм дар фосилаҳои баробари вақт якхела тағйир ёбад, ҳаракатро собитшитоб меноманд.

Формулаи шитоби ҳаракати ҷисм (1.1.5)-ро ба хотир меорем. Ба сифати ибтидои ҳисоби вақт  $t_0=0$  - ро қабул карда, аз формулаи шитоб

$\left( \vec{a} = \frac{\vec{g} - \vec{g}_0}{t} \right)$  барои суръати ҷисм қимати  $\vec{g} = \vec{g}_0 + \vec{a}t$  -ро ҳосил мекунем.

Дар ҳаракати ростхатта самти ҳаракатро ба тири координатаи ОХ ҳамсамт қабул кардан мувофиқи мақсад аст.

Проексияи суръат ба ин тир  $\vec{g}_x$  ба суммаи проексияҳои векторҳои  $\vec{g}$  ва  $\vec{a}t$  дар тири ОХ баробар аст:

$$\boxed{g_x = g_{0x} + a_x t} \quad (1.1.6)$$

Дар ҳар гуна ҳаракати тағйирёбанда роҳи тайкардаи ҷисмро аз рӯи формулаи  $S = g_M \cdot t$  ҳисоб кардан мумкин аст. Азбаски суръати миёна ҳангоми ҳаракати собитшитоб дар ягон фосилаи вақти  $t$  ба

$g_M = \frac{g + g_0}{2}$  баробар аст, бинобар ин  $S = \frac{g + g_0}{2} \cdot t$  мешавад. Аммо  $g = g_0 + at$  аст, аз ин рӯ  $g = \frac{g_0 + g_0 + at}{2} \cdot t = g_0 t + \frac{at^2}{2}$  ва агар  $g_0 = 0$  бошад, пас

$$\boxed{S = \frac{at^2}{2}} \quad (1.1.7)$$

ё худ дар шакли умумӣ

$$\boxed{S = g_0 t + \frac{at^2}{2}} \quad (1.1.8)$$

мешавад.

Формулаҳои суръати лаҳзагӣ (1.1.6) ва роҳ (1.1.7 ва 1.1.8)-ро муодилаҳои ҳаракати ростхаттаи собитшитоб мегӯянд. Ин муодилаҳо имконият медиҳанд, ки ҳар гуна масъала оид ба ҳаракати собитшитоб ҳал карда шавад. Аз тарафи дигар, агар дар шарти масъала вақти ҳаракат маълум набошад, пас онро аз рӯи алоқамандии байни роҳи тайшуда ва суръати интиҳои ҷисм ҳал кардан осон аст. Дар формулаи роҳ ( $S = g t$ ) қимати суръати миёна ва вақти ҳаракатро, ки аз муодилаи

шитоб ҳосил карда мешавад, мегузорем:  $t = \frac{g - g_0}{a}$ .

$$\text{Ҳамин тавр: } S = \frac{g_0 + g}{2} \cdot \frac{g - g_0}{a} = \frac{g^2 - g_0^2}{2a}$$

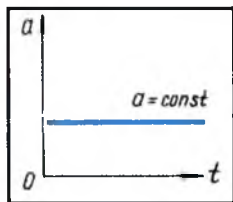
$$\text{ё ки } \boxed{g^2 - g_0^2 = 2aS} \quad (1.1.9)$$

ҳосил мешавад.

Агар суръати ибтидоии ҷисм ба сифр баробар бошад, пас формулаҳои (1.1.6)-(1.1.9) содда мегарданд:

$$\boxed{g = at, S = \frac{at^2}{2}} \quad \text{ва} \quad \boxed{g^2 = 2aS} \quad (1.1.10)$$

Азбаски ҳангоми ҳаракати собитшитоб шитоби ҷисм доимӣ аст ( $a = const$ ), бинобар ин графики шитоб хати ростест, ки ба тири вақт мувозӣ мебошад (расми 20). Суръати ҷисм ва вақт байни худ

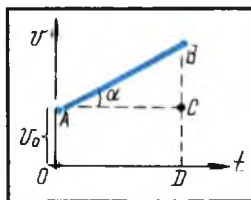


Расми 20

хаттӣ вобастаанд, вале аз риёзиёт Шумо медонед, ки графики чунин функсияҳо хати росте мебошад (расми 21), ки он тири ординатаро бо дарозии

порчаи  $g_0$  мебурад. Аз ин ҷо маълум мегардад, ки агар суръати ибтидоии ҷисм ( $g_0$ ) ба сифр баробар бошад, он гоҳ графики суръат аз ибтидои системаи координатаҳо мегузарад.

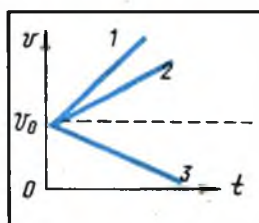
Аз рӯи графики вобастагии суръату вақт шитоби ҳаракат ба таври графикӣ муайян карда мешавад. Дар воқеъ тангенсӣ кунҷи  $\alpha$  (моилшавии график ба тири абсисса) ба нисбати порчаи BC (тағйирёбии суръат  $g - g_0 = at$ ) бар порчаи AC (тағйирёбии вақт) баробар мебошад:



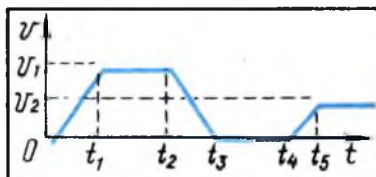
Расми 21

$$\boxed{tga = \frac{BC}{AC} = \frac{at}{t} = a} \quad (1.1.11)$$

Яъне ҳарчанд шитоб зиёд бошад, график ҳамон қадар ба тири ордината наздик мешавад. Ҳамин тарик, агар вобастагии суръат ва вақти ҳаракати ҷисмҳо дар намуди графикҳо дода шуда бошанд (расми 22), пас муайян кардани он ки кадом ҷисм бо шитоби зиёдтар ҳаракат мекунад, кори душвор нест, ҷисми 1 назар ба ҷисми 2 бо шитоби зиёдтар ва ҷисми 3-юм бо шитоби манфии доимӣ (суштшаванда) ҳаракат мекунад.



Расми 22



Расми 23

Графики вобастагии суръат ва вақт имконият медиҳад, ки ба ҷиҳатҳои сифатӣ ва миқдорӣ ҳаракат баҳо диҳем. Биёед тибқи графики суръат (расми 23) ҳаракати қатораеро муоина мекунем, ки вай аз ҳолати оромӣ ҳаракати худро оғоз

намуда, дар фосилаи  $t_1$  собитшитоб ҳаракат намуд (суръати он аз 0 то  $g_1$  афзуд); баъд дар фосилаи  $t_2 - t_1$  вай бо суръати мунтазам ҳаракат кард, дар фосилаи вақти  $t_3 - t_2$  вай то қарор гирифтани мунтазам сустшаванда ҳаракат намуд ва дар лаҳзаи вақти  $t_4 - t_3$  беҳаракат буд, баъд вай аз нав собитшитоб ҳаракат намуд ва ғ.

**Масъалаи 1.** Тайёраи реактивӣ аввал бо суръати 720 км/с мунтазам ҳаракат карда, баъд дар давоми 12 с бо шитоби  $10 \text{ м/с}^2$  ҳаракати худро давом дод. Суръати интиҳои тайёра ва роҳи паймудаи онро дар бадали 12 с муайян кунед.

**Ҳал.** Тири координатаро бо масири ҳаракати тайёра ҳамсамт қабул мекунем. Тайёра дар давоми 12 с собитшитоб ҳаракат кард, ки суръати ибтидоии он  $200 \text{ м/с}$  буд. Муодилаҳои ҳаракатро менависем:

$$g = g_0 + at \quad \text{ва} \quad S = g_0 t + \frac{at^2}{2}$$

қиматҳои ададии бузургихоро гузошта ҳосил мекунем:  $g = 320 \text{ м/с}$  ва  $S = 3120 \text{ м} = 3,12 \text{ км}$

**Масъалаи 2.** Тайёраи реактивии шитобаш  $a = -8 \text{ м/с}^2$  ба фурудгоҳи дарозиаш 1,6 км бо кадом суръати зиёдтарин фуруд омада метавонад?

**Ҳал.** Аз формулаи  $g^2 - g_0^2 = 2as$  истифода мебарем. Ба сифр баробар будани суръати интиҳои тайёраро ба ҳисоб гирифта, аз он  $g_0 = \sqrt{-2as}$  - ро ҳосил мекунем:

Қимати ададии бузургихоро гузошта, суръати матлубро меёбем:

$$g_0 = \sqrt{-2(-8 \text{ м/с}^2) \cdot 1600 \text{ м}} = 160 \text{ м/с}$$

## § 8. Афтиши озоди ҷисмҳо

**Афтиши ҷисмҳо дар фазои беҳаво (вакуум) афтиши озод меноманд.**

Афтиши озоди ҷисмҳо мавриди муҳими ҳаракати собитшитоб ба ҳисоб меравад. Агар афтиши озоди ҷисм бе суръати ибтидоӣ ба вучуд ояд, формулаҳои (1.1.10)-ро барои ин маврид татбиқ намудан мумкин аст. Аз сабаби он ки шитоби афтиши озод барои ҳамаи ҷисмҳо як хел аст (онро бо ҳарфи  $g$  ишорат мекунам), дар системаи сарҳисоби ба Замин алоқаманд (самти тири координатаро амудан ба поён гирифта) формулаҳои номбурда ин тавр навишта мешаванд:

$$a = g; \quad g = gt; \quad h = \frac{gt^2}{2}; \quad g = \sqrt{2gh} \quad (1.1.12)$$

Агар ба ҷисм суръати ибтидоие бахшида шавад, ки самташ ба поён бошад, он гоҳ муодилаҳои ҳаракат намуди зайл мегиранд:

$$\mathcal{Y} = \mathcal{Y}_0 + gt; h = \mathcal{Y}_0 t + \frac{gt^2}{2}; \mathcal{Y}^2 - \mathcal{Y}_0^2 = 2gh \quad (1.1.13)$$

Чисми амудан ба боло партофташуда низ дорои шитобест, ки ба поён самт дорад. Барои системаи сарҳисоби ба сатҳи Замин алоқаманд (агар тири координата амудан ба боло равона бошад) ҳосил мекунем:

$$a = -g; \mathcal{Y} = \mathcal{Y}_0 - gt; h = \mathcal{Y}_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad (1.1.14)$$

**Масъалаи 1.** Агар санги аз даст раҳогашта ба сатҳи оби чох дар 3с афтад, пас чуқури то сатҳи оби чох чӣ қадар аст? Ҳангоми ба сатҳи об бархурдан санг ба кадом суръат соҳиб мешавад?

**Ҳал.** Системаи сарҳисобро ба сатҳи Замин алоқаманд қабул намуда, тири координатаро ба қазри чох равона ҳисоб мекунем. Масофае, ки онро санг ҳангоми афтиши озод мепаймояд, ба

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{9,8\text{м}/\text{с}^2 \cdot 9\text{с}^2}{2} = 44,1\text{м} \text{ баробар мешавад.}$$

Азбаски  $\mathcal{Y}_0 = 0$  аст, пас суръати чисми афтанда ба  $\mathcal{Y} = gt$  баробар аст, бинобар ин дар охири сонияи сеюм вай ба  $\mathcal{Y} = 9,8\text{м}/\text{с}^2 \cdot 3\text{с} = 29,4\text{м}/\text{с}$  баробар хоҳад шуд.

**Масъалаи 2.** Кафшергар нӯги боқимондаи электродро аз даст афтонд. Агар электрод ҳангоми ба Замин расидан суръати  $\mathcal{Y} = 28\text{м}/\text{с}$  дошта бошад, пас кафшергар дар кадом баландӣ қор мекардааст?

**Ҳал.** Барои ҳисоб кардани баландие, ки аз он электрод меафтад, аз формулаи  $\mathcal{Y}^2 = 2gh$  истифода мекунем. Дар натиҷа

$$h = \frac{\mathcal{Y}^2}{2g} = \frac{(28\text{м}/\text{с})^2}{2 \cdot 9,8\text{м}/\text{с}^2} = 40\text{м}$$

ҳосил мешавад.

### ? Саволҳои санҷишӣ

1. Муодилаҳои ҳаракати ростхатта собитшитобро нависед. Шартҳои ибтидоии гуногуноро истифода бурда, аз ин муодилаҳо барои ҳолатҳои хусусии ҳаракати собитшитоб формулаҳо ҳосил намоед.

2. Чӣ гуна ҳаракатро афтиши озод меноманд?

3. Исбот кунед, ки дар ҳаракати чисми амудан ба боло партофташуда вақти болоравӣ ба вақти аз боло то ба нуқтаи партофташавӣ баргаштани чисм баробар аст.

4. Исбот кунед, ки чисми амудан ба боло партофташуда ба нуқтаи (мавқеи) аввалааш бо ҳамон суръати ибтидоӣ бармегардад.

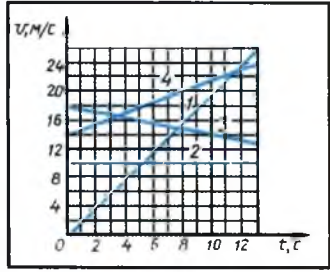
### ! Машқи 6

1. Қаторай метро баъди 40 сонияи огози ҳаракат ба суръати 15 м/с соҳиб мешавад. Шитоби қатораро ёбед.

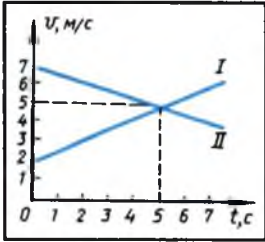
2. Автомошинаи «Волга» бо шитоби  $0,8 \text{ м/с}^2$  дар 16 с-и ҳаракати худ ба чӣ гуна суръат соҳиб мешавад? Вай дар ин фосилаи вақт чӣ қадар рохро тай мекунад?

3. Дар расми 24 графикҳои суръати чор мошин нишон дода шудааст. Суръати ҳаракати ҳар яке аз онҳоро дар ибтидои ҳаракат ( $t=0$ ) ва баъди 5с муайян кунед.

4. Графикҳои суръати ҳаракати ду ҷисм дар расми 25 нишон дода шудаанд. Суръатҳои ибтидоӣ ва шитоби ин ҷисмҳоро муайян кунед.



Расми 24



Расми 25

Дар кадом лаҳзаи вақт қимати мутлақи суръатҳои ҷисмҳо яқхела шудаанд? Ҷисмҳо чӣ гуна ҳаракат кардаанд: ба як тараф ё ба самтҳои гуногун?

5. Саққо, рулетка ва сониясанҷро истифода бурда, ба қимати шитоби афтиши озод чӣ тавр баҳо додан мумкин аст?

6. Туб ва сониясанҷро истифода бурда, баландии ҳонаро чӣ тавр муайян кардан мумкин?

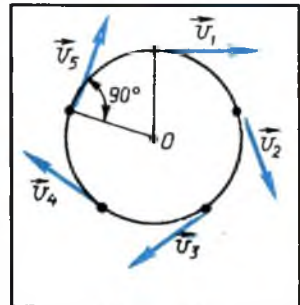
## § 9. Ҳаракати қачхатта

**Ҳаракатеро, ки аз рӯи масири қач ба амал меояд ҳаракати қачхатта меноманд.** Дар ҳаракати қачхатта суръати ҷисм мувофиқи самти расандаи аз нуқтаи ихтиёрии масир гузаронидашуда тағйир меёбад. Дар ин маврид аз рӯи бетағйир мондани модули суръат онро доимӣ ҳисобидан нодуруст аст, чунки суръат бузургии векторист ва барои бузургҳои векторӣ қимати мутлақу самт тавсифоти зарурии яқхелаанд. Аз ин рӯ дар ҳаракати қачхатта шитоб ҳамеша қимати ғайрисифрӣ дорад.

Намуди содатарини ҳаракати қачхатта ҳаракати мунтазами ҷисм аз рӯи давра ба ҳисоб меравад. Ҳангоми чунин ҳаракат дар лаҳзаҳои гуногуни вақт векторҳои суръат қиматҳои мутлақӣ баробар, вале самтҳои гуногун доранд (расми 26).

Ақсар вақт дар ҳаракати гирдхатта басомади гардиши ҷисм (шумораи гардишҳо дар як сония) аз рӯи даври гардиш тавсиф дода

мешавад. **Фосилаи вектеро, ки дар давоми он ҷисм як даврро пурра мекашад, даври гардиш номида, онро бо ҳарфи Т ишорат ва бо ченакҳои вақт чен мекунад.** Агар ҷисм дар  $1с$   $n$  маротиба гардиш



Расми 26



кунад, пас вақти як гардиш, яъне даври гардиш ба  $T = \frac{1}{n}$  баробар мешавад. Суръати ҷисм  $\vec{g}$  аз рӯи нисбати дарозии роҳи тайшуда ( $\ell$ ) бар фосилаи вақти мувофиқ  $t$  муайян карда мешавад, ки онро **суръати хаттӣ** меноманд ва дар ҳаракати гирдхатта

$$\vec{g} = \frac{\ell}{t} = \frac{C}{T} = \frac{2\pi R}{T} \quad (1.1.15)$$

мешавад.

Қабул шудааст, ки басомади ҳаракати ҷисм аз рӯи давра бо **суръати кунҷии** он ( $\omega$ ) тавсиф дода шавад. Вай ба нисбати кунҷи гардиши ҷисм  $\varphi$  бар фосилаи вақт  $t$  баробар аст:

$$\omega = \frac{\varphi}{t} \quad (1.1.16)$$

Дар фосилаи вақти  $t=T$  ҷисм як давраи пурра мекашад ва радиус ба кунҷи  $\varphi = 2\pi$  радиан (ченаки кунҷ,  $1\text{рад}=57,3^\circ$ ) давр мезанад. Пас,

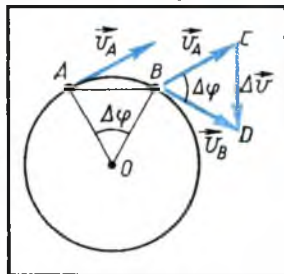
$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (1.1.17)$$

мешавад. Одатан  $\frac{1}{T} = \varphi$ -ро басомад ва  $\omega = 2\pi\varphi$ -ро басомади даврӣ меноманд.

Суръатҳои кунҷию хаттӣ вобастагии хеле содда доранд. Агар дар ифодаи  $\vec{g} = \frac{\ell}{t}$  ба ҷои дарозии камон қимати радиани он  $\ell = R\varphi$ -ро гузорем, пас  $\vec{g} = \frac{\varphi R}{t}$  ё ки  $\vec{g} = \omega R$ -ро (1.1.18) ҳосил мекунем.

Дар ҳаракати қарқатта низ (мисли ҳаракати ростхатта) шитоб аз рӯи нисбати тағйирёбии суръат  $\Delta \vec{g}$  бар фосилаи вақти  $\Delta t$ , яъне  $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{g}}{\Delta t}$  муайян карда мешавад.

Бигузур нуқтаи материалӣ аз рӯи давраи радиусаш  $R$  бо суръати  $\vec{g}$  (расми 27) мунтазам ҳаракат кунад. Қимати мутлақ ва самти шитобро дар нуқтаи ихтиёрии масири он меёбем. Нуқтаи материалӣ дар фосилаи кӯтоҳи вақт ( $\Delta t$ ) ба масофаи  $\Delta \vec{s}$  кӯчиш намуда, ба нуқтаи  $B$  мегузарад. Векторҳои суръати хаттӣ дар нуқтаҳои  $A$  ва  $B$  ( $\vec{g}_A$  ва  $\vec{g}_B$ ) аз рӯи қимати мутлақашон баробар буда, аз рӯи самташон каме фарқ мекунанд. Барои ёфтани тағйирёбии суръат  $\Delta \vec{g}$  дар фосилаи  $\Delta t$ , вектори  $\vec{g}_A$ -ро ба нуқтаи  $B$  гузаронида, самташро тағйир намедихем ва қондаи секунҷа



Расми 27

(ё параллелограмм) – ро истифода мебарем. Азбаски секунҷаи АОВ ва ВСД ҳар ду баробарпахлу ва  $\angle AOB = \angle DBC$  ҳамчун кунҷҳои тарафҳои байни худ перпендикуляр мебошанд, ин секунҷаҳо монанданд. Аз ин рӯ навиштан мумкин аст:

$$\frac{DC}{AB} = \frac{BD}{OB} \text{ ё ки } \frac{\Delta g}{\Delta S} = \frac{g}{R}$$

Аз тарафи дигар  $\Delta S \approx g \cdot \Delta t$  аст, бинобар ин  $\frac{\Delta g}{g \cdot \Delta t} = \frac{g}{R}$  аст, ки аз ин ҷо  $a = \frac{\Delta g}{\Delta t} = \frac{g^2}{R}$  (1.1.19) ҳосил мешавад.

Мо қимати мутлақи шитоби ҳисро дар нуқтаи ихтиёрӣ (А)-и масири ҳаракати он ёфтем. Акнун самти онро меёбем. Дар мисоли боло мо фосилаи хеле хурди вақт  $\Delta t$ -ро интихоб намудем ва аз ин сабаб кӯчиши ҳисм бузургии хеле хурди  $\Delta \vec{S}$  мешавад. Ин чунин маъно дорад, ки кунҷи  $\Delta \varphi$  хеле хурд буда, қариб ҳар кадоме аз секунҷаҳои муоинашаванда (АОВ ва ВСД) кунҷҳои рост доранд. Аз ин хулоса мебарояд, ки вектори  $\Delta \vec{g}$  ( $\rho\omega$ , вектори  $\vec{a}$  ҳам) ба вектори  $\vec{g}$  перпендикуляр, яъне қад-қади радиус ба маркази давра равона мебошад. Маҳз бо ҳамин сабаб шитоби аз рӯи вобастагии (1.1.19) муайяншавандаро **шитоби марказрав** меноманд.

Ифодаҳои (1.1.17) ва (1.1.18)-ро истифода бурда, шитоби марказравро ба воситаи адади гардишҳо  $n$  ва суръати кунҷӣ  $\omega$  ифода кардан мумкин аст:

$$a = 4\pi^2 n^2 R \text{ ва } a = \omega^2 R \quad (1.1.20)$$

**Масъала.** Автомобил бо суръати 72 км/с ҳаракат мекунад. Агар кутри (диаметр) сатҳи берунии чархи он 60 см ва вай бе лағжиш тоб ҳурад, пас чарх дар як сония чанд маротиба давр мезанад. Шитоби марказрави нуқтаи сатҳи берунаи чархро ёбед.

**Ҳал.** Қимати ададии суръати ҳаракати автомобил нисбат ба роҳ ба қимати суръати ҳаттии нуқтаи сатҳи берунаи чарх баробар аст. Аз ин рӯ адади гардишҳои чархро аз рӯи формулаи суръати ҳаттӣ меёбем:

$$n = \frac{g}{2\pi R} \approx 10,6 \text{ gap / c}$$

$$\text{Шитоби марказрав: } a = \frac{g^2}{R} \approx 1333 \text{ м/с}^2.$$

**?** Саволҳои санҷишӣ

1. Давр ва басомади гардиш чӣ гуна алоқамандӣ доранд?
2. Ҳангоми ҳаракати ҳисм аз рӯи давра самти суръати ҳаттии он дар нуқтаҳои гуногуни масираш чӣ гуна аст?
3. Суръатҳои ҳаттӣ ва кунҷиро бо давр ё басомади гардиш ифода кунед.

4. Шитоби марказрав чй тавр тавсиф дода мешавад? Вай чй гуна самт дорад?



### Машки 7

1. Суръати хаттй ва кунҷии радиферо муайян кунед, ки баландии мадори он аз сатҳи Замин 1200 км буда, даври гардишаш 105 дақиқа аст.

2. Велосипедрон аз роҳи гирдхаттаи радиуси қачиаш 50 м бо суръати 36 км/ст ҳаракат мекунад. Шитоби велосипедрон чанд аст?

3. Нуғи ақрабаки дақиқагарди соати дасти Шумо бо кадом шитоб ҳаракат мекунад?

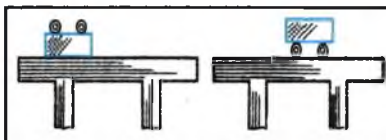
## 1.2 АСОСҲОИ ДИНАМИКА

### § 10. Системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ ва қонунҳои динамика

Ҳангоми омӯзиши асосҳои кинематика мо ба намудҳои ҳаракати механикӣ шинос шудем. Акнун сабабҳои ба амал омадани ин ҳаракатҳо ва тағйирёбии суръати ҷисмҳоро муқаррар мекунем.

Аробачаеро болои миз мегузorem. Вай ором меистад. Чй бояд кард, ки аробача ҳаракат кунад? Таҷрибаи ҳаррузаи мо нишон медиҳад, ки барои дар сатҳи уфуқӣ ба ҳаракат даровардани он бояд вайро ба ягон тараф кашем ё тела диҳем. Бо ҳамин мақсад ба ароба аспро мебанданд, баъди ихтирои мошини ҳароратӣ, ё худ муҳаррикҳои электрикӣ аробаро ба онҳо бастаанд ва ҳамин тавр нақлиёти ҳозирзамон - автомобил, тепловоз, трамваю троллейбусҳо пайдо шудаанд.

Ҳамин тариқ, барои наслҳои гузаштаи инсон муқаррар гашт, ки ҷисм ҳамон вақт ба ҳаракат шуруъ мекунад, ки ба вай ҷисмҳои дигар таъсир намоянд. Бе таъсири беруни ҳаракати ҷисм рафта-рафта қатъ мегардад.



Расми 28

Ду таҷриба мегузaronем. Дар аввал, аробачаи болои мизро чаппа мегузorem ва онро тела дода, ба ҳаракат медарorem. Таҷриба нишон медиҳад, ки аробача баъди паймудани роҳи қутоҳ меистад. Сипас, аробачаро бо чарххояш ба болои миз гузошта, аз нав тела медиҳем. Дар ин таҷриба аробача ҳаракаташро нисбатан бештар давом дода, роҳи зиёдтарро мепаймояд (расми 28).

Оё мумкин аст, ки вақти ҳаракат ва роҳи тайкардаи аробачаро зиёд кунем? Таҷриба нишон медиҳад, ки ин амал имконпазир аст, чунки сабаби камшавии суръати як ҷисм таъсири ҷисмҳои дигар (сатҳе, ки дар он ҳаракат иҷро мешавад, муқовимати ҳаво ва ғ.) шуда метавонанд. Барои кам кардани ин таъсирот ба чархи мошинҳо подшипникҳо мешинонанд. Натиҷаи ҳамин аст, ки мошинҳои ҳозиразамон баъди суръати муайян гирифтанд, дар роҳи уфуқӣ бо муҳаррики хомӯшшуда даҳҳо метр масофаро тай мекунанд.

Агар муҳаррики завраки дар ҳаракатбуда хомӯш карда шавад, вай ҳаракати худро то ягон лаҳзаи вақт ростхатта нигоҳ медорад. Аммо баъди чанд лаҳзаи ҳаракат меистад. Сабаби аз ҳаракат бозмондани заврақ таъсири об мешавад.

Агар ба ҷисм ҷисмҳои дигар таъсир накунад, вай беҳаракат меистад. Агар ҷисм дар ҳаракат бошад ва ба вай ҷисмҳои дигар таъсир накунад, вай ҳаракати худро идома медиҳад. Ин хулосаҳоро олими италиявӣ Галилео Галилей баъди тадқиқотҳои бисёр ба даст овардааст.

**Хосияти нигоҳдошташавии суръати ҳаракати ҷисмҳоро ҳангоми набудани таъсири беруна инерсия меноманд.**



*Галилео Галилей (1564-1642) – физик ва астрономи бузурги италиявӣ, ки аввалин шуда методи таҷрибавиро дар илм истифода кардааст.*

*Галилей принципи нисбиятро кашф кардааст, мафҳуми инерсияро ба илм дохил намудааст, қонуни афтиши ҷисмҳо, ҳаракати ҷисмҳо дар ҳамвории моилро тадқиқ намуда, барои ченкунии вақт истифодаи раққосақро пешниҳод кардааст.*

*У аввалин шуда бо телескопи худсозаш кӯҳҳои Моҳ, радифҳои Муитарӣ, сохти ситораҳои Роҳи Каҳкшон, доғҳои Офтоб, фазаҳои Зӯҳраро кашф кардааст.*

**Қонуни якуми Нютон: Ҳангоми набудани таъсири беруна ҷисмҳо ҳолати оромӣ ё ҳаракати ростхаттаи мунтазами худро нигоҳ медоранд.**

Санҷиши бевоситаи ин қонуни Нютон имконнопазир аст, зеро таъсири ҷисмҳои дигарро пурра истисно кардан номумкин аст. Ҳолати оромӣ ё ҳаракати ростхаттаи ҷисмҳо, ки мо онҳоро мушоҳида мекунем, аз ҷуброншавии (компенсатсия) таъсири мутақобили ҷисмҳо шаҳодат медиҳад. Масалан, тайёра барои он уфукӣ, ростхатта ва мунтазам ҳаракат мекунад, ки қувваи кашиши муҳаррики он бо қувваҳои муқовимати ҳаво ва вазнинии тайёра дар мувозинат мешаванд.

Аз кинематика мо медонем, ки характери ҳаракати ҷисм аз интихоби системаи сарҳисоб вобаста аст. Мувофиқи қонуни якуми Нютон системаҳои сарҳисобе ёфт мешаванд, ки дар онҳо агар ба ҷисм ҷисмҳои дигар таъсир накунад ё худ таъсири мутақобили онҳо ҷуброн шавад, ҷисм ростхатта ва мунтазам ҳаракат мекунад (ё дар ҳолати оромӣ мемонад). Чунин системаҳоро **системаҳои инерсиалӣ** меноманд. Дар ин гуна системаҳо ҷисм аз рӯи инерсия ҳаракат мекунад.

Системаи сарҳисоби ба Замин алоқамандро системаи сарҳисоби инерсиалии дараҷаи саҳеҳиаш баланд ҳисобидан мумкин аст. Вале он комилан системаи инерсиалӣ нест. Масалан, агар ҳаракати мушаки **баллистикиро** омӯхтанӣ бошем, барои ин гардиши Замин ва тағйиротеро, ки дар ҳаракати мушак вобаста ба ин гардиш ба амал меояд, ба ҳисоб гирифташ лозим меояд. Дар мавзӯҳои оянда асосан системаҳои сарҳисоби инерсиалиро муоина менамоем.

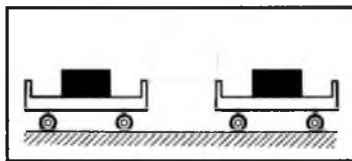


*Исаак Нютон (1643-1727) – физик ва математики англис, яке аз бузургтарин олимони дар таърихи башар ҳисоб мешавад. Нютон се қонуни асосии механика ва қонуни ҷозибаи умумичаҳониро кашф кардааст. Вай инчунин назарияи ҳаракати ҷирмҳои осмонро кор карда баромад ва аввалин шуда барои Замин суръатҳои кайҳониро ҳисоб намуд.*

*Нютон ҳодисаи ба ранғҳо ҷудошавиши рӯшноии сафедро кашф кард ва пайдоиши ранғоро шарҳ дод. Усули тадқиқи математикии табиатро кор карда баромад, саҳми ӯ дар инкишофи минбаъдаи физика хеле бузург аст.*

Системаҳои сарҳисоберо, ки дар онҳо тағйирёбии суръати ҷисм на танҳо аз ҳисоби таъсири мутақобил, балки бо ҳаракати шитобноки худ система ба амал меояд, **системаҳои ғайринерсиалӣ** меноманд. Мисоли ин гуна системаҳо системаи сарҳисоби ба қатори роҳи оҳан алоқаманд шуда метавонад, ки дар ҳамгашти роҳҳо тезшаванда, сустшаванда ҳаракат мекунад.

**Масъалаи ҷисм.** Таҷрибаро бо ду аробачае, ки дар сатҳи уфуқии ҳамвор ҳаракат мекарданд ба хотир меорем (расми 29). Агар ресмони ба пружина бастаншударо сӯзонем, аробачаҳо дар натиҷаи таъсири мутақобил шитоби муайян мегиранд. Ҷанкуниҳо гузаронида,



Расми 29

боярӣ ҳосил кардан мумкин аст, ки ин шитобҳо ( $a_1$  ва  $a_2$ ) аз рӯи қимати мутлақашон гуногун бошанд ҳам, аз рӯи самт муқобили яқдигаранд ва нисбати онҳо бузургии доимист  $\left( \frac{a_1}{a_2} = const \right)$ .

Агар ин аробачаҳо иваз намоем (ё ба болои онҳо бор гузорем), пас шитобҳои гирифтаи онҳо дигар мешаванд, вале нисбати онҳо барои ҳар дуи ин аробачаҳо доимӣ мемонад.

Муқаррар шудааст, ки шитобҳои дар натиҷаи таъсири мутақобил гирифтаи аробачаҳо аз инертнокии онҳо вобастагӣ доранд: ҷисм дар ин ҳангом ҳарчанд шитоби кам гирад, ҳамон қадар инертнок

Ҳисобида мешавад. Бузургии ба сифати ченаки микдории инерсияи ҷисм истифодашавандаро, массаи ҷисм меноманд. Агар массаҳои ҷисмҳои муқобилтаъсиркунандаро бо  $m_1$  ва  $m_2$ , шитобҳои гирифтаи онҳоро бо  $a_1$  ва  $a_2$  ишорат кунем, пас

$$-\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} \quad (1.2.1)$$

мешавад.

Ҳамин тавр, ҳарчанд массаи ҷисм зиёд бошад, тағйирдиҳии суръати он (аз ҳаракат боздоштан, ба ҳаракат даровардан, самти ҳаракати онро тағйир додан) ҳамон қадар мушқил мешавад. Инро мо дар ҳаёти ҳаррузаамон мушоҳида мекунем. Корҳои челонгарӣ (буридан, қатқунӣ, қўфтани филизот)-ро дар рӯи сандони инертнок иҷро мекунанд, зеро бо таъсири зарбаи болға сандон амалан намечунбад (шитоби ночиз мегирад).

**Қувва. Қонуни дуҷуми Нютон.** Агар дар таҷрибаи бо аробачаҳо гузаронидаамон пружинаи чандириаш зиёдро гирифта, бештар фишурем, шитобҳои гирифтаи аробачаҳо меафзоянд, ки ин аз афзоиши таъсири мутақобили онҳо шаҳодат медиҳад. Ченаки микдории таъсири мутақобили ҷисмҳо бузургии қувва ба ҳисоб меравад. **Қувва бузургии физикиест, ки бо таъсири он ҳаракати ҷисмҳо тағйир меёбад, яъне ҷисмҳо шитоб мегиранд.** Пас, қувваро чӣ тавр муайян мекунанд?

Аз таносуби (1.2.1) ифодаи  $m_1 a_1 = -m_2 a_2$  ҳосил мешавад.

Ҳамин тавр, агар бузургии қувваро бо ҳарфи  $F$  ишорат кунем, пас  $F=ma$  мешавад. Аз тарафи дигар таъсир хусусияти самтнокиро дорад. Аз ин сабаб қувваро ҳамчун бузургии векторӣ, дар шакли зайл менависанд.

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1.2.2)$$

Формулаи (1.2.2) қонуни дуҷуми Нютонро ифода мекунанд: **қувваи ба ҷисм таъсиркунанда ба ҳосили зарби массаи ҷисм ва шитоби гирифтаи он баробар аст.**

Қонуни дуҷуми Нютонро ин тавр ҳам менависанд:

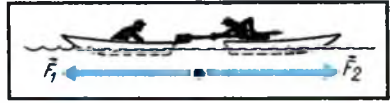
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (1.2.3)$$

Қонуни сеюми Нютон. Қувваҳое, ки бо онҳо ду ҷисм ба якдигар таъсир мекунанд аз рӯи ҳамон як хати рост равона буда, қиматҳои муғлақи баробар, вале самтҳои муқобил доранд.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad (1.2.4)$$

Азбаски қувваҳои дар натиҷаи таъсири мутақобили ҷисмҳо баамалоянда ба ҷисмҳои гуногун гузошта мешаванд, онҳо ҳеҷ гоҳ якдигарро мувозинат карда наметавонанд. Чунончи, шахси савораи

заврақ (расми 30) бо бели дасташ (қувваи  $F_1$ ), заврақи дигарро тела медиҳад, заврақ бошад, дар навбати худ бо қувваи аз рӯи қимати мутлақаш баробари  $F_2$ , вале самти муқобилдошта ба бел ва шахс таъсир мекунад, маҳз бо таъсири ин қувваҳо заврақҳо аз якдигар дур мешаванд.



Расми 30

Дар Системаи байналхалқӣ (СБ)-и воҳидҳо ба сифати воҳиди қувва қуввае қабул шудааст, ки он ба ҷисми массааш 1 кг шитоби  $1 \text{ м/с}^2$  мебахшад. Ин воҳид ньютон (Н) ном гирифтааст.

$$\text{Яъне, } 1\text{Н} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}.$$

### ? Саволҳои санҷишӣ

1. Қонуни якуми Нютон чӣ тавр таъриф дода мешавад? Оё ин қонунро дар таҷриба санҷидан мумкин аст?
2. Қадом хосияти ҷисм массаи онро тавсиф медиҳад?
3. Барои чӣ қувваҳои таъсири мутақобили ҷисмҳо бо вучуди қимати мутлақи баробар ва самти муқобил доштанишон якдигарро мувозинат намекунад?

### ! Машқи 8

1. Қувваи 10 Н ба ҷисм шитоби  $6 \text{ м/с}^2$  мебахшад. Барои ба шитоби  $1,5 \text{ м/с}^2$  соҳиб шудани ҷисм чӣ гуна қувва лозим аст?
2. Ҷисми массааш 5 кг таҳти таъсири ягон қувва шитоби  $1 \text{ м/с}^2$  мегирад. Ҳамин қувва ба ҷисми массааш 10 кг чӣ гуна шитоб мебахшад?
3. Ҷисми массааш 0,5 кг таҳти таъсири қувваи 35 Н аз ҳолати оромӣ ба ҳаракат шурӯъ мекунад. Суръати он баъди 4 с чанд мешавад?

## § 11\*. Принципи нисбият

**Системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ.** Бояд ба ҳисоб гирифта шавад, ки қонунҳои Нютон на дар ҳамаи системаҳо балки фақат дар системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ иҷро мешаванд. **Системаҳои сарҳисобери инерсиалӣ меноманд, ки дар онҳо қонунҳои Нютон риоя мешаванд,** яъне системаҳое, ки дар онҳо ҷисм бешитоб, ростхатта ва мунтазам ҳаракат мекунад, ё ҳангоми компенсатсияи таъсири ҷисмҳои дигар дар ҳолати оромӣ мемонад. Ба инерсиалӣ будан ё набудани система чӣ тавр бовар кунем? Барои ин бояд санҷид, ки дар он қонунҳои Нютон иҷро мешаванд ё не. Аммо тавре ки дар боло гуфтем, дар таҷриба мушоҳида кардани қонуни якуми Нютон – қонуни инерсия номумкин аст, зеро пурра компенсатсия шудани таъсири ҷисмҳои дигар аз тарафи ҷисми додашуда аз имкон берун аст. Системаеро, ки дар он тамоми ҷисмҳо дар мувозинатанд, мо фақат метавонем тасаввур кунем. Олӣ карда гӯем, системаи инерсиалӣ қомилан воқеӣ нест.

Мумкин аст системаи сарҳисоби мутлақ инерсиалӣ дар табиат вучуд надошта бошад. Аммо бо боварии комил метавон гуфт, ки агар он вучуд меошад, пас маҷмуи беохири онҳо низ вучуд дошта метавонист.

**Ҳар гуна системаи сарҳисоби нисбат ба системаи инерсиалӣ ростхатта ва мунтазам ҳаракаткунанда ҳам системаи инерсиалӣ мебошад.**

Барои ба ин тасдиқ боварӣ ҳосил кардан, ба хотир меорем, ки дар системаҳои сарҳисоби нисбат ба ҳамдигар ростхатта ва мунтазам ҳаракаткунанда шитоб-бузургии инвариантӣ мебошад (ниг. боби II.). Бузургии дигаре, ки дар ин гуна системаҳо инвариантӣ мебошад, қувва ба ҳисоб меравад. Дар механика аслан қуввахоро ба қувваҳои қозибба (вобаста ба масофаи байни якдигарии ҷисмҳо), чандирӣ (тазйиқи (деформатсия) ҷисмҳо), соиш (суръати нисбии як ҷисм назар ба ҷисми дигар) ҷудо мекунам. Дар системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ ҳам масофаҳо, ҳам тазйиқ ва ҳам суръати нисбӣ бузургҳои инвариантӣ мебошанд. Инвариантӣ будани масофаҳо ва тазйиқҳо аз инвариантияти дарозӣ бармеояд. Инвариантияти суръати нисбиро дар мисоли зерин дида мебароем. Бигузур одам нисбат ба амад бо суръати 5 км/ст дар ҳаракат бошад. Агар суръати қоришавии об 2 км/ст бошад, пас барои мушоҳиде, ки дар соҳил истодааст, суръати одам 7 км/ст ва суръати амад 2 км/ст мешавад. Дар системаи сарҳисоби ба амад алоқаманд яххела, яъне 5 км/ст мекӯнад.

Азбаски тамоми бузургҳои механикӣ, ки аз онҳо қувваҳо вобастаанд, дар ҳар гуна системаҳои сарҳисоб инвариантӣ мебошанд, пас дар ин системаҳои сарҳисоб ҳар гуна қувва ҳам бузургии инвариантӣ мебошад.

Массаи ҷисм дар механикаи классикӣ аз ҳаракати ҷисм, яъне аз системаи сарҳисоб вобастагӣ надорад.

Дар қонунҳои Нютон ба мафҳумҳои шитоб, қувва ва массаҳо дучор меоем.

Қувва, шитоб ва массаи ҷисмҳо ҳангоми аз як системаи сарҳисоб гузаштан ба системае, ки нисбат ба системаи пештара ростхатта ва мунтазам ҳаракат мекунад, тағйир намеёбанд. Пас, маълум мегардад, ки ҳангоми гузариш ҳамаи вобастагҳои байни ин бузургҳо, аз ҷумла ҳуди қонунҳои Нютон ҳам бетағйир мекӯнам.

Ҳамин тариқ, агар дар ягон системаи сарҳисоб қонунҳои Нютон иҷро шаванд, яъне агар система инерсиалӣ бошад, пас ҳамаи системаҳо, ки нисбат ба системаи мазкур ростхатта ва мунтазам ҳаракат мекунам, инерсиалӣ мебошанд. Азбаски суръати ҳаракати системаҳо қиматҳои гуногун гирифта метавонанд, пас чунин системаҳо метавонанд беохир зиёд бошанд.

**Принсипи нисбияти классикӣ.** Аз далели дар ҳамаи системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ яххела иҷро шудани қонунҳои динамика ҳулосаи



зарурие бармеояд. Ҳарчанд дар айёми зиндагии Галилей қонунҳои динамика муқаррар нашуда буданд, ҳуҷусои заруриро дар асоси мушоҳидоти табиат ӯ бароварда тавонист.

*«Ҳамроҳи ягон рафиқатон дар ҳуҷраи барҳавои киштии ҷой гиред, – менависад Галилей-ҳоло, ки киштии ором аст, бодикқат мушоҳида кунед, ки чӣ тавр ҳаширати майдаи парвозкунанда бо ҳамон як суръат ба тарафи ҳуҷра ҳаракат мекунанд..., ҳамаи қатраҳои афтанда ба зарфи ба зерӣ онҳо гузошташуда меафтанд, ҳангоми ба ягон тараф ба масофаҳои якхела партофтани ягон предмет назар ба дигар тараф партофтан ба шумо қувваи зиддатӣ сарф кардан лозим намеояд... Акнун, ки киштии бо ягон суръат ба роҳ даромад, шумо дар ҳамон мавридҳои номбурдашуда ягон тағйиротро найҳас намекунад ва аз рӯи ягонтои онҳо шумо муқаррар карда наметавонед, ки киштии дар ҳаракат аст ё ором (ба шарте, ки ҳаракати киштии мунтазам бошад)».*

Ҳуҷусои номбурдари ҳоло **принсипи нисбияти классикӣ ё принсипи нисбияти Галилей меноманд**. Бо забони муосири илмӣ онро ба таври зерин таъриф додан мумкин аст: **тамоми ҳодисаҳои механикӣ дар ҳама системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ ҳангоми шароитҳои ибтидоии баробар, якхела ҷорӣ мешаванд**.

Ибораи «шароитҳои ибтидоии якхела» дар қоидаи боло мавқеи басо муҳим дошта, маънои зеринро дорад: мушоҳидҳои дар рӯи Замин ва дар қатораи ҳаракатнок ҷойгирифта, ки афтиши озодаи ҷисмро мушоҳида мекунанд, масирҳои гуногуни ҳаракатро мебинанд. Дар айни ҳол масир дар системаи сарҳисоби ба қатора алоқаманд – хати рост ва дар системаи сарҳисоби ба Замин алоқаманд параболаро ташкил медиҳад. Дар воқеъ ин муҳолифи принсипи нисбият намебошад, чунки дар ин системаҳои сарҳисоб шартҳои ибтидоӣ гуногунанд. Дар лаҳзаҳои аввали афтиш дар системаи сарҳисоби ба қатора алоқаманд, ҷисми мушоҳидашаванда ором аст, вале дар системаи сарҳисоби ба Замин алоқаманд бошад, вай суръати ибтидоӣ дорад, ки он аз рӯи қимати мутлақаш ба суръати ҳаракати қатора нисбат ба Замин баробар, вале самташ муқобил аст. Айнан бо ҳамин сабаб афтиши ҷисм барои мушоҳидҳои гуногун ҳархела менамояд.

Аммо агар дар қатораи мунтазам ва ростхатта ҳаракаткунанда ҷисм дар лаҳзаи аввал нисбат ба қатора беҳаракат бошад, мувофиқи принсипи нисбияти классикӣ тағйирот чи дар қатора ва чи дар Замин якхела мешавад, масири афтиши ҷисм хати рост ва вақти афтиши он ба фарши қатора айнан ба вақти афтиши ҷисм аз ҳамон баландӣ ба Замин баробар мешаванд. Ин принципро таҷрибаҳо тасдиқ мекунанд. Яъне, на танҳо қонунҳои кинематикии ҳаракати ҷисм, балки қонуниятҳои динамикӣ низ якхеланд. Масалан, натиҷаи зарбаҳои кураҳои чандир дар ҳар гуна системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ якхела мешаванд, ба шарте, ки дар ин системаи сарҳисоб суръатҳои ибтидоӣ ва ҳаракати нисбии кураҳо якхела бошанд.

Принципи нисбияти классикӣ дар системаҳои сарҳисоби гуногун танҳо якхелагии ҷоришавии ходисаҳои механикиро тасдиқ мекунад, вале ин нишонаи он нест, ки ҳамаи бузургҳои механикӣ дар ин системаҳо якхеланд. Масалан, суръати парвози паранда, ки дар системаҳои сарҳисоби «соҳил» ё «киштӣ» чен карда мешавад, албатта дигаргун аст. Вале мо низ асосе надорем, ки яке аз ин суръатҳоро назар ба дигараш «ҳақиқатар» ҳисоб кунем. Бо тарзи дигар, принципи нисбияти классикӣ тавсифоти ҳаракатро ошкор намуда, мутлақ будани қонунҳои ҳаракатро тасдиқ менамояд.

Айнан бо ҳамин сабаб, дар ягон системаи сарҳисоби инерсиалӣ ҷой гирифта, бо ёрии таҷрибаҳои механикӣ ҳаракати мунтазаму ростхатта ва ё ором будани он системаро муайян кардан аз имкон берун аст. Асосе ёфт намешавад, ки ягон системаро нисбат ба дигараш афзалтар шуморем ва тасдиқ кунем, ки мо нисбат ба ин система ҳаракати «ҳақиқӣ» ва нисбат ба дигар системаҳо ҳаракати ба назарамон менамудагиро мушоҳида мекунем.

Ҳамаи системаҳои инерсиалӣ якхеланд ва дар ҳамаи онҳо қонунҳои механика як хел иҷро мешаванд. Ҳар кадоми онҳоро ҳаракатнок ё ором муойна намудан мумкин аст.

Принципи нисбияти механика дар амал татбиқ мешавад. Мисоли равшани ин озмоиши заминии тайёраҳо шуда метавонад. Тайёрасоз бояд пешакӣ аниқ донанд, ки ҳангоми парвоз ҳаво аз танаи тайёра чӣ тавр ҷорӣ мешавад, дар кучо гирдбод ба амал меояд, қувваи болобурди болҳо ва муқовимати ру ба руи ҳаво чӣ қадар аст.

Ин ҳамаро надониста, шакли беҳтарини баданаи тайёра, буриши нисбатан беҳтарини қанотҳоро интиҳоб намудан мумкин нест. Ҳамаи инро пеш аз сохтан ва ба ҳаво баровардани тайёра муқаррар кардан мебояд.

### 1.3. ЗУҲУРОТИ ҚУВВАҲОИ ТАБИАТ

#### § 12. Қувваҳои ҷозиба (гравитатсионӣ)

Ба Замин афтидани ҷисмҳо, ҳаракати мушакҳо дар атрофи Замин, гардиши сайёраҳо дар атрофи Офтоб ва ғайра таҳти таъсири қувваҳои ҷозиба, ки боиси таъсири мутақобилаи ҷисмҳо мегарданд, аз **руи қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ муайян карда мешаванд: Ҳар ҷуфти ҷисмҳо якдигарро бо қуввае ҷазб мекунад, ки модули ин қувва ба ҳосили зарби массаҳои онҳо мутаносиби роста буда, ба квадрати масофаи байни онҳо мутаносиби ҷаппа аст.**

$$F = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (1.3.1)$$

Одатан ҷисмҳое, ки таҳти таъсири ҷозиба ба сатҳи Замин меафтанд, ҳамчун нуқта муойна мешаванд, зеро андозаҳои онҳо нисбат ба андозаҳои Замин хеле хурданд.

Кувваҳои чозиба новобаста аз он ки чисмҳо ба якдигар мерасанд ё аз якдигар дур ҷойгир шудаанд, таъсир мекунанд (масалан, байни Замину радифони маснуъ, Офтобу сайёраҳо). Таъсири байниҳамдигарии чисмҳо дар айни ҳол ба тавассути майдони чозиба (гравитатсионӣ) ба амал меояд.

Дар қонуни чозибайи умумичаҳонӣ зароби (коэффисиент) мутаносибии  $\gamma$ -ро доимии чозиба (гравитатсия) меноманд, ки он қимати  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot M^2}{K^2}$  дорад.

Зухуроти оддитарини қуввайи чозиба **қуввайи вазнинӣ** шуда метавонад, ки он ба ҳосили зарби массаи чисм  $m$  ва шитоби афтиши озод  $g$  баробар аст.

$$\vec{F} = m\vec{g} \quad (1.3.2)$$

Кувваҳои вазнинӣ ба ҳамаи қисмҳои чисм якхела таъсир мекунанд ва онҳо байни худ мувозӣ мебошанд. Баробартаъсиркунандаи қувваҳои вазнинии қитъаҳои алоҳидаи чисм ба маркази Замин равона аст. Нуктаеро, ки аз он қуввайи вазнинӣ ибтидо мегирад, **маркази вазнинии чисм** меноманд.

**Кувваеро, ки бо он чисм ба овеза ё тақягоҳ таъсир мекунад, вазни чисм меноманд.** Вазни чисм ҳамон вақт ба қуввайи вазнинии он баробар мешавад, ки агар чисм нисбат ба Замин дар ҳолати оромӣ ё ҳаракати ростхаттаи мунтазам қарор дошта бошад. Дар акси ҳол, ё худ дар мавриди нисбат ба Замин бошитоб ҳаракат кардани чисм вазни он аз қуввайи вазнинӣ каму зиёд шуда метавонад.

Чунончи дар ҳолати амудан бо шитоб ба боло ҳаракат кардани чисм (зиёдавазний) вазни он

$$P = mg + ma = m(g + a), \quad (1.3.3)$$

хангоми бо шитоб ба поён ҳаракат кардан (камвазний) вазни он ба

$$P = mg - ma = m(g - a) \quad (1.3.4)$$

баробар мешавад.

Чисм агар нисбат ба Замин амудӣ ва мунтазам ҳаракат намояд, вазни он бо формулаи  $P = mg$  ҳисоб карда мешавад. Агар он озод афтад, вай дар ҳолати бевазний мешавад.

Дар ҳамаи мавридҳои дар боло зикршуда қуввайи вазнинии чисм ба  $F = mg$  баробар мешавад.

### § 13\*. Муайян кардани массаи ҷирмҳои осмонӣ

Муайян кардани массаи сайёрае, ки радифҳо дорад, масъалаи чандон мушқил нест. Мувофиқи қонуни чозибайи умумичаҳонӣ сайёраи массааш  $M$  радифи массааш  $m$  – ро, ки аз маркази сайёра дар масофаи  $R$  воқеъ аст, бо қуввайи

$$F = \gamma \frac{mM}{R^2}$$

ба худ мекашад.

Аз рӯи қонуни дуҷоми Нютон ин қувва ба радиф шитоби

$$a = \frac{F}{m} = \gamma \frac{M}{R^2}$$

мебахшад.

Барои содда шудани масъала чунин ҳисоб мекунем, ки радиф аз рӯи мадори доиравии радиусаи  $R$  ҳаракат мекунад. Пас, шитобро, ки муайян карданием, ба шитоби марказрави радиф аз рӯи мадор баробар мешавад.

Яъне  $a = \frac{g^2}{R}$ , ки дар ин ҷо  $g$  - суръати ҳаракати радиф дар мадор мебошад. Ҳар ду ифодаи барои шитоб ҳосилкардамонро баробар гуфта,  $\gamma \frac{M}{R^2} = \frac{g^2}{R}$  ҳосил мекунем.

Аз ин ҷо массаи сайёра

$$M = \frac{g^2 R}{\gamma} \quad (1.3.5)$$

мешавад.

Суръати дар мадор ҳаракат кардани радифро аз рӯи даври гардиши он дар гирди сайёра  $g = \frac{2\pi R}{T}$  муайян кардан мумкин аст. Дар охир ин ифодаро ба формулаи боло гузошта, ҳосил мекунем:

$$M = \frac{4\pi^2 R^3}{\gamma T^2} \quad (1.3.6)$$

Бузургиҳои  $R$  ва  $T$ -ро барои радифи сайёра аз рӯи мушоҳидоти астрономӣ муайян кардан мумкин аст. Ҳисоботи боқимонда мушкилиие надорад.

Фаҳмост, ки бо ҳамин роҳ массаи Офтобро низ ёфтан мумкин аст, зеро сайёраҳо радифони он ҳисоб мешаванд.

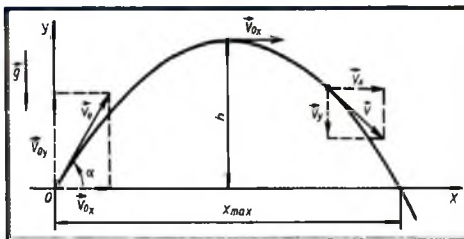
Аммо агар сайёра радиф надошта бошад, масъалаи муайян кардани массаи он мураккаб мешавад. Дар ин маврид лозим меояд бузургии шитобе, ки сайёра ба дигар сайёраҳои нисбатан дур мебахшад, муайян карда шавад, ки чунин ченкуниҳо душвор ва носаҳеҳ мебароянд. Масофа то чирмҳои осмонӣ ҳар қадар бузург бошад, шитоби гирифтаи он ҳамон андоза хурд мешавад ва чен кардани он низ душвор мегардад.

Дар шароити имрӯза имконият мавҷуд аст, ки массаи сайёраҳо аз рӯи шитоби аз назди сайёра гузаштани аппаратҳои кайҳонӣ муайян карда шавад. Масалан, бо ҳамин роҳ оид ба массаи сайёраи Зӯҳра маълумоти аниқ пайдо кардан муяссар гардид. Азбаски вай радиф надорад, қиматҳои аввалаи массаи он чандон саҳеҳ набуданд.

## § 14. Ҳаракати ҷисми уфуқӣ партофташуда

Бигузур ягон ҷисми суръаташ  $\mathfrak{g}_0$  тахти ягон кунҷи  $d$  ба уфуқ партофта шавад (расми 31).

Ҷисм қад-қади тири ОХ бо суръати  $\mathfrak{g}_x = \mathfrak{g}_{ox} = \mathfrak{g}_0 \text{Cos}d$  мунтазам ҳаракат мекунад. Бинобар ҳамин координатаи  $x$  - и он бо мурури замон мувофиқи формулаи  $x = \mathfrak{g}_0 t \text{Cos}d$  тағйир меёбад.



Расми 31

Ба самти амудӣ ҷисм бо шитоби доимии  $a = -g$  (самти шитоб ба поён) ҳаракат мекунад, ки суръати ибтидоии он ба ин самт ба  $\mathfrak{g}_{oy} = \mathfrak{g}_0 \text{Sin}d$  баробар аст. Координатаи уфуқии он  $y$ -ро дар лаҳзаи вақти  $t$  аз рӯи формулаи  $y = \mathfrak{g}_{oy} \cdot t - \frac{gt^2}{2} = \mathfrak{g}_0 t \text{Sin}d - \frac{gt^2}{2}$  меёбанд.

Ҳардуи ин формулаҳоро истифода бурда вақт, дурии парвоз ва баландии максималии ҳаракати ҷисмро нисбат ба уфуқ муайян кардан мумкин аст.

Вақти парвози ҷисм  $t_0$ -ро меёбем. Ҳангоми бархӯрди ҷисм бо Замин  $y=0$  мешавад. Пас, метавонем нависем, ки  $0 = \mathfrak{g}_0 t_0 \text{Sin}d - \frac{gt_0^2}{2}$  аст. Аз ин ҷо  $t = \frac{2\mathfrak{g}_0 \text{Sin}d}{g}$  мешавад.

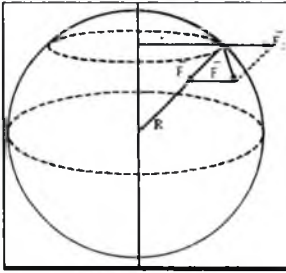
Ифодаи охириро ба муодилаи координатии  $x$  гузошта, дурии парвози ҷисмро меёбем.

$$l = x_{\text{max}} = \mathfrak{g}_0 t_0 \text{Cos}d = \frac{2\mathfrak{g}_0^2 \text{Sin}d \cdot \text{Cos}d}{g} = \frac{\mathfrak{g}_0^2 \text{Sin}2d}{g}$$

Дурии парвоз ҳамон вақт ба қимати бештарин соҳиб мешавад, ки  $\text{Sin}d = 1$  бошад. Яъне  $2d = 90^\circ$ ,  $d = 45^\circ$  бошад.

Мо қувваеро, ки бо он ҷисм ба тақягоҳ ё овеза хангоми ҷазбшавиаш ба Замин таъсир мекунад, вазни ҷисм гуфтем.

Агар Замин беҳаракат мебуд, ба ҷисм танҳо қувваи ҷозиба, ки дар расми 32 бо  $\vec{F}_1$  ишорат шудааст, таъсир мекарду халос. Дар ин маврид вазни ҷисм  $\vec{P}$  бояд ба қувваи ҷозиба  $F_1$  баробар мешуд. Вале Замин давр мезанад ва дар системаи сарҳисоби ба Замин алоқаманд, қувваи инерсия  $\vec{F}_2$  пайдо мешавад. Дар натиҷа қувваи ба ҷисм



Рисми 32

таъсирбахшанда  $\vec{F}$  на ба қувваи  $\vec{F}_1$  балки ба баробартаъсиркунандаи қувваҳои  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  баробар мешавад. Қувваи аз рӯи қимати мутлақаш ба  $\vec{F}$  баробар, вале ба таъягоҳ таъсиркунандаро вазни ҷисм меномам.

Таъсири ҷисмро ба таъягоҳ ё овеза дар маҳалҳои гуногуни Замин чен карда, қиматҳои харҷетаро ҳосил мекунам. Мо медонем, ки Замин шакли комилан кураро надорад. Радиуси Замин, ки аз қутб гузаронида мешавад, назар ба радиусе, ки аз истиво мегузарад, 21 км кӯтоҳтар аст. Шитоби афтиши озод  $g$  ба квадрати масофаи  $R$  то маркази Замин мутаносиби чаппа аст:  $g = \gamma \frac{M}{R^2}$ , ки дар ин ҷо  $M$ -массаи Замин,  $\gamma$ -доимии қозимба мебошанд. Тағйирёбии радиус сабаби тағйирёбии шитоби афтиши озод  $g$ , яъне тағйирёбии вазни ҷисм  $P$  мегардад. Маҳз бо ҳамин сабаб вазни ҷисм ҳангоми аз қутб то истиво кӯчидани он тақрибан то 0,3% кам мешавад.

## § 15\*. Ҳаракати радифҳои маснӯи Замин.

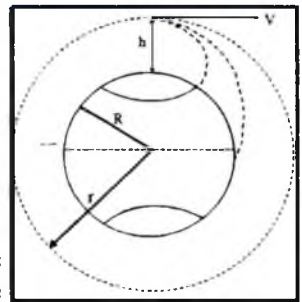
### Суръати якуми кайҳонӣ

Яке аз мавридҳои мароқангез ва муҳими ҳаракати ҷисм зери таъсири қувваи вазнинӣ ҳаракати радифҳои маснӯи Замин ҳисоб мешавад.

Тасаввур мекунам, ки ҷисмро аз ягон баландӣ (нисбат ба Замин) ба самти уфуқӣ мепартоем (расми 33). Муқовимати ҳаворо ба эътибор намегирем. Агар пай дар пай суръати ҷисмро зиёд кунем, вай бо таъсири қувваи вазнинӣ ба сатҳи Замин, вале дуртар аз ҷои партофташавӣ меафтад. Дар охир лаҳзае мерасад, ки вай ба Замин наафтада, аз рӯи давра дар гирди Замин давр мезанад, яъне ба радифи маснӯи Замин мубаддал мегардад. Агар муқовимати ҳаво набошад, ҳаракати ҷисм мунтазам аз рӯи давра сурат мегирад.

Агар ба ҷисм ғайр аз қувваи вазнинӣ қувваи дигаре таъсир накунад, вай бо шитоби афтиши озод  $g$ , ба самти маркази Замин, (маркази давра) ҳаракат мекунад. Бинобар ҳамин ҳам шитоби афтиши озод ҳамзамон

шитоби марказрав, яъне  $g = \frac{g^2}{r}$  аст.



Рисми 33

$$\text{Аз ин чо } \boxed{g^2 = gr} \text{ ё ки } \boxed{g = \sqrt{gr}} \quad (1.3.7)$$

мешавад.

Аз рӯи ҳамин формула суръати якуми кайҳонӣ муайян карда мешавад.

**Суръатеро, ки барои ба мадори доиравӣ дар гирди сайёра давр задани ҷисм ба он бахшида мешавад, суръати якуми кайҳонӣ меноманд.**

Агар баландии ҷисм  $h$  аз сатҳи Замин нисбат ба радиуси он ( $R \approx 6400 \text{ км}$ ) хеле хурд (масалан,  $300 \text{ км}$ .) бошад, он гоҳ радиуси мадорро  $r \approx 6400 \text{ км}$  қабул мекунанд. Шитоби афтиши озод дар наздикии сатҳи Замин ба  $g = 9.8 \text{ м/с}^2$  баробар аст. Бинобар ҳамин, суръати якуми кайҳонӣ дар атрофи сатҳи Замин ба

$$g_1 = \sqrt{6,4 \cdot 10^6 \text{ м} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2} \approx 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/с} = 7,9 \text{ км/с}$$

$$g_1 = 7,9 \text{ км/с}$$

баробар аст.

Ин суръати хеле бузург аст (қариб  $29000 \text{ км/ст}$ ). Чунин суръат дар гузаштаи начандон дур ба даст омад ва 4 октябри соли 1957 аввалин радифи маснӯи Замин дар Иттиҳоди Шӯравӣ ба мадор бароварда шуд.

Ҷисме, ки соҳиби суръати якуми кайҳонӣ мешавад, ба сатҳи Замин намеафтад. Аммо ин суръат барои аз майдони ҷозибии Замин дур кардани ҷисм кифоят намекунад. **Суръатеро, ки бо он ҷисм майдони ҷозибии Заминро тарк мекунад, суръати дуҷуми кайҳонӣ меноманд. Вай ба  $g_2 = 11,2 \text{ км/с}$  баробар аст.**

Ҷисми бо ин суръат ба мадор баровардашуда ба сайёраи маснӯъ табдил ёфта, дар атрофи Офтоб мегардад, яъне ба радифи маснӯи Офтоб табдил меёбад.

Бо суръати дуҷуми кайҳонӣ радифи аввалин 2 январи соли 1959 фиристода шуд. Он рӯз дар Иттиҳоди Шӯравӣ стансияи автоматики байнисайёравӣ «Луна - 1» ба мадор бароварда шуд, ки вай аз наздикии Моҳ гузашта, ба аввалин сайёраи маснӯъ мубаддал гашт.

Ҳамаи радифҳои маснӯи Замин, ки бо суръатҳои мобайнии кайҳонӣ ( $g_1$  то  $g_2$ ) ба мадор бароварда мешаванд, аз рӯи мадорҳои эллиптикӣ ҳаракат мекунанд.

### **?** Саволҳои санҷишӣ

1. Қадом ҷисмхоро ҳамсафарони маснӯи Замин меноманд?
2. Чӣ гуна суръатро суръати якуми кайҳонӣ мегӯянд ва онро аз рӯи қадом формула ҳисоб мекунанд?
3. Аввалин ҳамсафари маснӯи Замин қай ва дар қучо ба мадор бароварда шудааст?
4. Оид ба суръати дуҷуми кайҳонӣ шумо чӣ гуфта метавонед?

### ! Машки 9

1. Суръати якуми кайҳонӣ дар сатҳи сайёраи радиусаш  $4 \cdot 10^6$  м ба  $4$  км/с баробар аст. Қимати шитоби афтиши озод дар сатҳи ин сайёра чанд мешавад?

2. Қимати суръати якуми кайҳониро барои наздикии сайёраи Миррих муайян кунед, агар массаи он  $6,4 \cdot 10^{23}$  кг ва радиусаш  $3,4 \cdot 10^6$  м бошад.

3. Агар қимати афтиши озоди ҷисм дар сатҳи сайёра ба  $1,6$  м/с<sup>2</sup> ва суръати якуми кайҳонӣ барои он ба  $2,56$  км/с баробар бошад, радиуси сайёраи мазкурро муайян кунед.

4. Даври гардиши ҳамсафари маснӯи Заминро дар баландии  $160$  км аз сатҳи он муайян кунед.

5. Суръати ҳамсафари маснӯи Замин, ки аз рӯи мадори гирдхатта дар баландии  $1700$  км ҳаракат мекунад, бояд чӣ қадар бошад?

## § 16. Қувваҳои чандирӣ

Агар ба ҷисми массааш  $m$ , ки дар сатҳи ҳамвор қарор дорад, пружинаро баста, онро бо ягон қувваи  $F$  кашола кунем, пас вай ба ҳаракат шурӯъ мекунад (расми 34).

Қувва дар ин ҳангом пружинаро каме дароз карда (тазйиқ мешавад), ба ҷисм шитоби  $a$  мебахшад.

Дар натиҷаи тазйиқпаӣ дар пружина қувваҳои дохилие пайдо мешаванд, ки онҳоро **қувваҳои чандирӣ** меноманд ва онҳо муқобили самти қувваҳои тазйиқкунанда  $F$  равона мебошанд.

**Қувваеро чандирӣ меноманд, ки ҳангоми тазйиқшавии ҷисм ба амал омада, ба бузургии тазйиқшавӣ мутаносиб мебошад ва муқобили самти кучиши ҳиссаҷаҳои ҷисм равона аст.**

$$F_q = k \Delta l \quad (1.3.8)$$

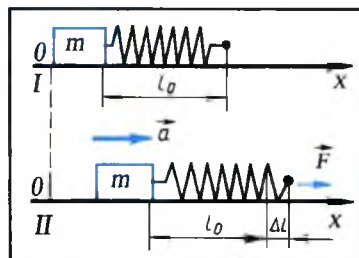
ки дар ин ҷо  $\Delta l = l - l_0$  - бузургии тазйиқшавӣ,  $k$ - **сахтии (мазбути)** ҷисм номида мешаванд.

Формулаи (1.3.8) қонуни Ҳукро ифода мекунад.

Сахтии ҷисмро дар системаи байналхалқӣ бо Н/м-ҳо чен мекунанд.

Тавре ки таҷриба нишон медиҳад, сахтии ҷисм аз андозаҳо, шакл ва маводи он вобастагӣ дорад.

Вобастагии мутаносибии рости байни қувваи чандирӣ ва дарозшавиро дар динамометрҳо – асбобҳо барои чен кардани қувва истифода мебаранд. Ҳаракати соатҳои механикӣ, механизмҳои гуногун,



Расми 34



устухонҳои организмҳои зинда, машину нақлиёти ҳозиразамон ба таъсири қувваҳои чандирӣ алоқаманди доранд.

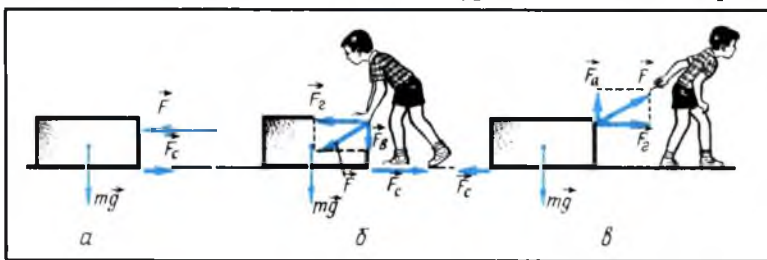
## § 17. Қувваҳои соиш

Ҳангоми расиши бевоситаи ҷисмҳои ҳаракатнок қад-қади сатҳи расиш қуввае ҳосил мешавад, ки онро **қувваи соиш** меноманд. Хусусияти асосии қувваи соиши оромӣ дар он аст, ки ҳамеша ба модули қувваи ба ҷисм гузошташуда баробар буда, муқобили самти он таъсир мекунад.

Қувваи ниҳони соиши оромӣ ба қувваи реаксияи таъягоҳ мутаносиб мебошад

$$F_c = \mu N \quad (1.3.9)$$

ки дар ин ҷо  $\mu$  зарби (коэффициент) соиш мебошад ва он аз маводу сифати коркарди сатҳҳои соишхӯранда вобастагӣ дорад.



Расми 35

Ҳангоми кӯчиши уфуқии қуттӣ ба он фақат қувваи вазнинӣ таъсир мекунад (расми 35, а), пас  $F_c = \mu N = \mu mg$  мешавад.

Агар ба қуттӣ ягон қувваи  $F$ , ки нисбат ба уфуқ ягон кунҷи  $\alpha$  - ро ташкил медиҳад таъсир кунад, пас қувваи реаксияи таъягоҳ ба суммаи қувваҳои вазнинӣ  $mg$  ва ташкилдихандаи амудӣ  $F_a$  баробар мешавад (Расми 35, б)

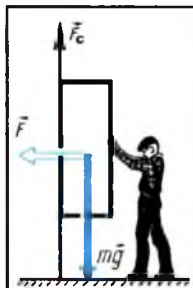
$$F_c = \mu N = \mu(mg + F_a) \quad (1.3.10)$$

Вале агар ҳамон қуттӣ нисбат ба уфуқ тахти ягон кунҷ кашида шавад, пас қувваи реаксияи таъягоҳ  $N$  ба фарқи қувваҳои соиш ва ташкилдихандаи амудӣ  $F_a$  (Расми 35, в) баробар мешавад, яъне

$$F_c = \mu N = \mu(mg - F_a) \quad (1.3.11)$$

мешавад.

Ниҳоят, агар қуттӣ ба сатҳи амудӣ ҷазб шуда, ҳаракат намояд, пас қувваҳои ба он таъсиркунанда мувофиқи расми 36 самт мегиранд.



Расми 36



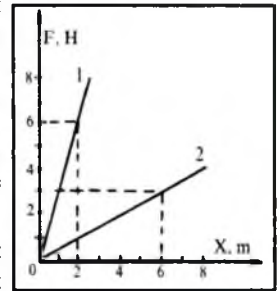
### Саволҳои санҷишӣ

1. Қонуни қозобаи умумичаҳонӣ чӣ тавр таъриф дода мешавад?
2. Фарқи қувваи вазнинӣ аз вазни ҷисм дар ҷист?
3. Барои чӣ шитоби афтиши озод дар маҳалҳои гуногуни сатҳи Замин яххела нест?
4. Барои муайян кардани массаи сайёра бояд кадом маълумот мавҷуд бошад?
5. Байни қувваи чандирӣ ва таъйиқ чӣ гуна алоқамандӣ вучуд дорад?
6. Қувваи соишро аз рӯи кадом формула ҳисоб мекунад?



### Машқи 10

1. Автобуси массааш 8000 кг дар роҳи уфуқӣ ҳаракат мекунад. Барои ба он бахшидани шитоби  $1,4 \text{ м/с}^2$  чӣ гуна қувва лозим аст?
2. Ду одам аргамчинро ба тарафҳои муқобил ҳар кадоме бо қувваи 90 Н мекашанд. Агар аргамчин ба қувваи 120 Н тобовар бошад, магар он канда мешавад?
3. Қувваи қозобаи байни ҳамдигарии ду киштиеро ёбед, ки массаи ҳар кадом  $10^3$  кг. буда, дар масофаи 500 м дуртар аз якдигар воқеанд.
4. Қувваи қозоба байни тамоми ҷисмҳо таъсир мекунад. Барои чӣ таъсири байнихамдигарии ҷисмҳоро пайҳас намекунем, вале кашидашавии онҳоро ба Замин ҳис мекунем?
5. Дар сатҳи Замин ба ҷисм қувваи вазнинии 50 Н таъсир мекунад. Массаи ҷисм чӣ қадар аст?
6. Пружинаи тапшончаи бачагоноро 3 см фишурданд. Агар сахтии пружина 700 Н/м бошад, нас қувваи чандирии дар он ба амал омадаро ҳисоб кунед.
7. Писарбача резинаеро бо қувваи 45 Н кашада, онро 9 см дарозтар кард. Агар ӯ резинаро бо қувваи 112,5 Н кашад, вай чӣ қадар дароз мешавад?
8. Автомобили массааш 1000 кг хангоми бо суръати 36 км/ст ҳаракат кардан ба тормоздиҳӣ сар мекунад. Агар зариви соиш 0,5 бошад, қувваи соиш ва роҳи паймудаи онро то истоданаш муайян кунед.
9. Аз рӯи график (расми 37) муайян кунед, ки кадом ҷисм саҳттар аст?
10. Вазни ҷисми дар болои миз беҳаракат истодаро муайян кунед, агар ҳаҷми он  $1,5 \text{ м}^3$  ва зичиаш  $7800 \text{ кг/м}^3$  бошад. Шитоби афтиши озодро  $g = 10 \text{ м/с}^2$  гиред.
11. Автомобили массааш 6000 кг аз болои қўпруки барҷастаи радиуси қачиаш 100 м бо суръати 36 км/ст ҳаракат мекунад. Муайян кунед, ки хангоми аз нуқтаи болотарин гузаштан автомобил ба қўпрук бо кадом қувва таъсир мекунад ( $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ )?
12. Агар суръати ибтидоии автомобил дар роҳи уфуқӣ 72 км/ст, массаи он 1,5 т ва зариви соиш 0,4 бошад, вай баъди чанд вақти хомӯш кардани муҳаррик меистад?



Расми 37

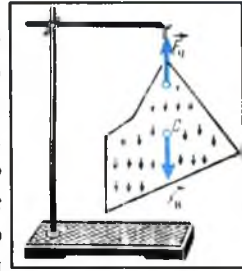
## 1.4. СТАТИКА

### § 18. Шартҳои мувозинатии ҷисмҳо



Расми 38

Нишонаи асосии таъсири мутақобили ҷисмҳо пайдоиши шитоб мебошад. Вале аксар вақт лозим меояд сабабҳои шитоб нагирифтани ҷисмеро донем, ки яқбора ба он якчанд қувва таъсир мекунад. Саққоеро ба ресмон меовезем. Ба саққо қувваи вазнинӣ таъсир мекунад, вале он сабаби ҳаракати шитобноки саққо



Расми 39

шуда наметавонад. Зеро дар он қувваи муқобилтаъсиркунандаи ҷандири амал мекунад.

Қувваҳои вазнинӣ ва ҷандири якдигарро мувозинаг мекунад, баробартаъсиркунандаи онҳо сифр аст. бинобар ин шитоби ҷисм ҳам сифр аст (расми 38).

**Нуқтаеро, ки баробартаъсиркунандаи қувваи вазнинӣ дар ҳама ҳолатҳои гуногуни ҷойгиршавии ҷисм аз он мегузарад, маркази вазнинии ҷисм меноманд (расми 39).**

**Қисми механикаро, ки дар он шартҳои мувозинати ҷисмҳо омӯхта мешавад, статика меноманд.**

**Мувозинати ҷисмҳои ногардон.** Ҳаракати пешравандаи ростхаттаи мунтазами ҷисм дар он сурат имконпазир аст, ки агар суммаи геометрии тамоми қувваҳои ба он таъсиркунанда баробари сифр бошад.

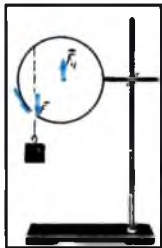
**Қисми ногардон дар ҳолати мувозинатӣ аст, агар суммаи геометрии қувваҳои ба он гузошташуда баробари сифр бошад.**

**Мувозинати ҷисмҳои тирӣ чархзанӣ доранд.** Дар рӯзгор ва техника баъзан ҷисмҳоеро вомехурем, ки онҳо пешраванда ҳаракат накарда, гирди ягон тир чарх мезананд. Дару тиреза, чархҳои автомобил, аргунҷак ва диг., мисоли ин ҷисмҳо шуда метавонанд. Агар вектори қувваи  $\vec{F}$  дар ҳати ростии тирӣ чархзаниро буранда ҳолад, пас ин қувва бо қувваи ҷандири  $\vec{F}_1$  мувозинаг карда мешавад (расми 40).



Расми 40

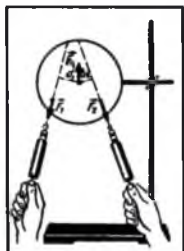
Агар ҳати росте, ки ба он вектори қувваи  $\vec{F}$  мекӯбад, тирӣ чархзаниро набурад, пас ин қувваро қувваи ҷандири мувозинаг карда наметавонад ва ҷисм дар гирди тир чарх мезанад (расми 41).



Расми 41

Ҳаракати ҷисм дар гирди тир таҳти қувваи  $\vec{F}_1$  мумкин аст бо таъсири қувваи дигари  $\vec{F}_2$  кагъ гардонида шавад. Таҷриба нишон медиҳад, ки агар ду қувваи  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  алоҳида ҷисмеро ба самтҳои муқобил ба гардиш дароранд, пас ҳангоми таъсири якбораи онҳо ҷисм дар мувозинаг ва шартӣ

$$\vec{F}_1 d_1 = \vec{F}_2 d_2 \quad (1.4.1)$$



Расми 42

ичро мешавад. Дар ин ҷо  $d_1$  ва  $d_2$  - масофаҳои кӯтоҳтарин аз хатҳои таъсири қувваҳои  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  то нуқтаи чархзанӣ (расми 42) мебошанд. Масофаи  $d$ -ро **китфи қувва** ва ҳосили зарби қимати мутлақи қувваро ба китфи он **моменти қувва**  $M$  меноманд:

$$M = Fd \quad (1.4.2)$$

Моменти қувваҳое, ки ҳисро ба самти гардиши акрабаки соат ба гардиш мебароранд, манфӣ ва ба муқобили самти гардиши акрабаки соат таъсиркунандаро мусбат қабул намуда, шарти мувозинатии ҳисмҳои тири чархзанӣ доштаро дар шакли қоидаи моментҳо таъриф мекунанд: **ҳисме, ки тири беҳаракати чархзанӣ дорад, ҳамоно вақт дар ҳолати мувозинатӣ мешавад, ки агар суммаи алгебравии тамоми моментҳои қувваҳои ба ҳисм гузошташуда баробари сифр бошад:**

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n = 0 \quad (1.4.3)$$

Ба сифати воҳиди ҳисми моментҳои чархзанӣ моментҳои қувваи 1Н-ро, мегиранд, ки хати таъсири он аз тири чархзанӣ дар масофаи 1 м мебошад. Ин ҳисмакро нютонметр (Н. м) меноманд.

**Шарти умумии мувозинатии ҳисм.** Ҳар ду ҳиссаи болоро якҷоя карда, шарти умумии мувозинатии ҳиссро таъриф додан мумкин аст: **ҳисм ҳамоно вақт дар ҳолати мувозинатӣ мешавад, ки агар суммаи геометрии тамоми қувваҳои ба он таъсиркунанда ва суммаи алгебравии моментҳои ин қувваҳо нисбат ба тири чархзанӣ баробари сифр бошанд.**

Ҳангоми иҷрошавии шарти умумии мувозинатӣ зарур нест, ки ҳисм дар ҳолати оромӣ бошад. Мувофиқи қонуни дуҷуми Нютон ҳангоми ба сифр баробар будани баробартаъсиркунандаи тамоми қувваҳои ба ҳисм гузошташуда шитоби ҳисм баробари сифр буда метавонад, вале ҳисм метавонад ростхатта ва мунтазам ҳаракат кунад.

Инчунин ба сифр баробар будани суммаи алгебравии моментҳои қувваҳо низ маънои онро надорад, ки ҳисм дар ин асно ҳатман ором бошад. Дар тӯли миллиардҳо сол Замин бо даври доимӣ дар гирди тири худ гардиш мекунад, чунки суммаи алгебравии моментҳои қувваҳое, ки ба Замин аз тарафи ҳисмҳои дигар таъсир мекунанд, ҳеле хурд аст.

### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Ба ҳисм якҷанд қувваҳо таъсир мекунанд ва қувваи натиҷавии онҳо баробари сифр нест. Чӣ бояд кард, ки ҳисм дар ҳолати мувозинатӣ бошад?
2. Шарти мувозинатии ҳисми ногардон аз чӣ иборат аст?
3. Магар ҳолати мувозинатӣ ҳатман ҳолати оромист?
4. Мафҳуми маркази вазнинии ҳиссро шарҳ диҳед. Магар маркази вазнинӣ берун аз ҳисм буда метавонад?

## ⚠ Машки 11

1. Оё баробартаъсиркунандаи қувваҳои 10 ва 14 Н. ки ба як нуқта гузопта шудаанд, ба 2, 4, 10, 24, 30 Н баробар шуда метавонанд?

2. Ба нӯғҳои милаи массааш 10 кг ва дарозияш 40 см борҳои массаашон 40 ва 10 кг оварта шудаанд. Милларо аз кучояш овозон кунем, ки вай мувозинат истад?

## 1.5. ЛАППИШ ВА МАВҶҶОИ МЕХАНИКӢ

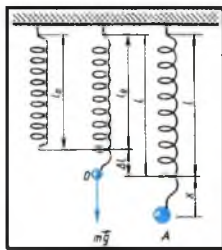
### § 19. Ҳаракати лаппишноқ

Бо лаппиш ҳар сари қадам дар техника, зиндагӣ ва рӯзгор дучор меоем. Ҳангоми гузаштани қатораву автомобилҳо кӯпрукҳо меларзанд, хангоми кори дастгоҳҳо, турбинаҳои баландсуръат таҳкурси ва ҷисмҳои атрофи онҳо меларзанд, бо таъсири бод шоҳу барги дарахтон меларзанд, атомҳо, ки панҷараи кристаллиро ташкил медиҳанд, доимо дар лаппиш мебошанд ва ғ. Хусусияти асосии ҳаракати лаппишноқ – даврнокӣ ё худ бо мурури замон тақрорёбии ҳаракати ҷисм ҳисоб мешавад. **Фосилаи хурдтарини вақт, ки дар тӯли он ҳаракати ҷисм тақрор меёбад, даври лаппиш  $T$  номида мешавад. Адади лаппишҳоро дар воҳиди вақт басомади лаппиш меноманд. Пас фаҳмида мешавад, ки басомад бузургии ҷанпаи давр будааст:**

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (1.5.1)$$

Соддатарин намуни лаппиш лаппишҳое ҳисоб мешаванд, ки онҳо аз ҳисоби қувваҳои дохилии система пайдо мешаванд. Ин гуна лаппишҳоро озод ё лаппишҳои хусусии система меноманд.

**Лаппиши бор дар пружина.** Ба нӯғи пружинае, ки дарозияш  $\ell_0$  аст, бори массааш  $m$ -ро овозон мекунем (расми 43). Дар натиҷаи ба пружина таъсир кардани қувваи  $F_1 = mg$  вай ба бузургии  $\Delta\ell = \ell - \ell_0$  дароз мешавад. Дар пружина қувваи ҷандирии  $F_2 = k\Delta\ell$  пайдо мешавад, ки дар ин ҷо  $k = \frac{ES}{\ell_0}$  - саҳтии



Расми 43

(мазбути) пружина аст. Қувваи ҷандирий амудан ба боло равона аст.

Ҳангоми дар ҳолати мувозинатӣ (нуқтаи О) қарор доштани бор, қувваҳои  $mg$  ва  $k\Delta\ell$  якдигарро мувозинат мекунанд.

$$mg = k\Delta\ell$$

Бо мақсади ба бузургии аз мавқеи мувозинатӣ каноршавии бор баҳо додан координатаи  $X$ -ро мегирем ва онро амудан ба поён равона карда, мавқеи мувозинатии борро ба сифати ибтидои координата қабул мекунем. Барои ин онро то ягон нуқтаи А, ки дар масофаи  $x$

вокӯс аст. ба поён мекашем. Пружина дароз шуда қувваи чандирии он меафзояд:

$$F = k(\Delta l + x)$$

Азбаски қувваи вазнинӣ  $mg$  дар айни ҳол тағйир намеёбад, пас ба бор фақат қувваи амудан ба боло самтгирифтаи

$$F = mg - k(\Delta l + x)$$

таъсир мекунад. Вале  $k\Delta l = mg$  аст, пас  $F = -kx$  ҳосил мешавад.

Агар ҳангоми аз мавқеи мувозинатӣ ба масофаи  $x$  каноршавии бор дар система ба қувваи каноркунанда мутаносиб қувваи нави барқароркунанда пайдо шавад, пас лапшиши ҷисмро лапшиши мавзун (гармоникӣ) меноманд. Каноршавии калонтарини ҷисмро дар ҳаракати лапшишнок **амплитудай (домана) лапшиш** меноманд ва онро бо  $A$  ишорат мекунанд.

Ҳангоми лапшиши мавзун каноршавии  $x$ -ро дар тӯли вақти  $t$  бо қонуни синус (косинус) ифода кардан мумкин аст:

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (1.5.2)$$

ки дар ин ҷо  $A$ -амплитудай ларзиш,  $\omega t + \varphi_0$  фазаи лапшиши мавзун ва  $\varphi_0$  - фазаи лапшишҳо дар лаҳзаи ибтидоии вақт ( $t=0$ ) мебошанд.

Ҷисmero, ки ба ресмони наъзандаи массааш нисбат ба массаи ҷисм хеле хурд овехта шудааст, **раққосаки математикӣ** меноманд.

Раққосаки математикӣ ҳангоми аз мавқеи мувозинатӣ каноршавиаш лапшишҳои мавзун мекунад.

Даври лапшиши раққосаки математикӣ аз дарозии он  $\ell$  ва шитоби афтиши озоди ҷисм вобаста буда, аз массаи бори овехташаванда вобастагӣ надорад:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (1.5.3)$$

Ҷисми ларзанда бо заррачаҳои муҳит таъсири мутақобил дорад ва тадричан онҳоро ба лапшиш меорад. **Бо мурури замон дар муҳит паҳншавии лапшишҳоро мавҷ меноманд.**

Ҳангоми мавҷҳои арзӣ заррачаҳои муҳит ҷой иваз накарда, танҳо дар ҳолати мувозинатии хеш ба ларзиш меоянд. Аз ин сабаб мегӯянд, ки ҳангоми паҳншавии мавҷ кӯчиши модда ба амал наомада, фақат гузарии энергия аз як зарра ба зарраи дигар ба амал меояд.

### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Қадом лапшишҳоро лапшишҳои озод меноманд?
2. Лапшиши мавзун чӣ гуна лапшиш аст?
3. Мавҷ чист?

## Машки 12

1. Соати раққосакдор ба вақти Москва танзим шудааст. Ҳамин соат дар истиқвои Замин чӣ гуна кор мекунад? (Шитоби афтиши озод дар Москва  $g_1=9,816 \text{ м/с}^2$ , дар истиқвои Замин  $g_2=9,78 \text{ м/с}^2$ ).

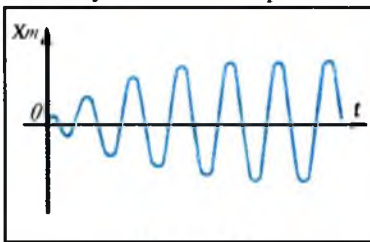
2. Кунҷи калонтарини аз мавқеи мувозинат каноршавии раққосаки математикӣ  $\alpha$ , суръати ҳаттии калонтарини он  $\mathcal{V}$  бошад, давр ва басомади лапиши раққосакро ёбед.

## § 20. Табдили энергияи ҳангоми лапишиҳои механикӣ

Дар мавриди аз ҳолати мувозинатӣ бечо шудани раққосаки математикӣ энергияи потенциалии вай дар майдони ҷозиба зиёд мешавад, чунки баландии он нисбат ба сатҳи Замин меафзояд. Ҳангоми аз нав ба ҳолати мувозинатӣ баргаштани раққосак суръати он ва мувофиқан энергияи кинетикаш зиёд мешавад. Афзоиши энергияи кинетикӣ аз ҳисоби захираи энергияи потенциалӣ, ки бо камшавии баландии раққосак аз сатҳи Замин кам мешавад, ба вуқӯъ меояд. Дар ҳолати мувозинатӣ энергияи кинетикӣ ба қимати максималӣ ва энергияи потенциалӣ ба қимати минималии худ соҳиб мешаванд. Баъди аз ҳолати мувозинатӣ гузаштани раққосак энергияи кинетикӣ горафт кам шуда, он ба энергияи потенциалӣ табдил меёбад. Суръати раққосак горафт кам шуда, ҳангоми каноршавии максималӣ ба сифр баробар мешавад. Ҳамин тавр ҳангоми ҳаракати лапишноки раққосак табдили даврии байниҳамдигарии энергияҳои кинетикӣ ва потенциалӣ ба вуқӯъ меояд.

Лапиши механикӣ дар асл бе харчи энергия ба вучуд намеояд. Дар ҳар гуна ҳаракати механикӣ, дар натиҷаи таъсири мутақобила бо ҷисмҳои дигар каме аз энергияи механикӣ ба энергияи дохилии ҳаракати ҳароратии атому молекулаҳо табдил меёбад. Амплитудаи лапишҳо горафт кам шуда, баъди ягон лаҳзаи вақт раққосак ором мешавад.

Лапишҳои механикӣ озод ҳамеша хомушшавандаанд, яъне амплитудаи онҳо тадричан кам мешавад.



Расми 44

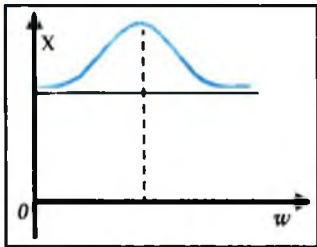
**Ҳодисаи резонанс.** Ҳангоми дар система бо таъсири қувваҳои берунаи даврӣ тағйирёбанда ба вучуд омадани лапишҳо аввал амплитуда меафзояд. Баъди ягон лаҳзаи вақти таъсири қувваҳои беруна лапишҳои маҷбурии амплитудаашон доимӣ ва даврашон ба даври таъсири қувваҳои беруна баробар ҳосил мешаванд (расми 44).

Амплитудаи лапишҳои маҷбурии барқароршуда аз рӯи амплитудаи қувваи таъсиркунанда ва харчи энергия дар системаи лапанда муайян карда мешавад. Харчи энергия дар системаи лапанда ҳангоми

лапшишҳои маҷбурии барқароршуда дар як давр ба кори қувваҳои беруна дар ҳамин лаҳза баробар аст.

Амплитудаи лапшишҳои маҷбурии барқароршуда аз басомади тағйирёбии қувва вобаста аст. Амплитудаи лапшишҳои маҷбурии ҳангоми лапшиши қувваҳои берунаи басомадашон  $\omega$  ба қимати максималии худ перасад, ки он қариб ба басомади лапшишҳои хоси система  $\omega_0$  баробар аст.  $\omega \approx \omega_0$ .

**Ҳангоми наздикшавии басомади тағйирёбии қувваҳои беруна ба басомади лапшишҳои озоди система то қимати максималӣ афзудани амплитудаи лапшишҳоро резонанс меноманд.**



Расми 45

Мисоли алоқамандии амплитудаи лапшишҳои маҷбурии ( $X$ ) бо басомади қувваҳои маҷбуркунандаи амплитудаи доимӣ дар расми 45 нишон дода шудааст. Дар расм аз рӯи тири абсисса басомади тағйирёбии қувва ( $\omega$ )-и ба система таъсиркунанда, аз рӯи ордината амплитудаи лапшишҳои маҷбурии ( $X$ ) ҳисоб карда мешаванд.

Азбаски ҳангоми резонанс қувваҳои беруна дар тӯли як давр кори максималии мусбат иҷро мекунанд, пас ба ҳисоб гирифта мешавад, ки ҳангоми резонанс дар системаи лапшиш энергияи максималӣ нақл мешавад.

Ҳодисаи резонанс дар техника ва рӯзгор ҳар замон вомехӯрад. Ҳодисаи резонанс метавонад боиси вайроншавии биноҳо, кӯшрукҳо, механизму иншоот гардад.

Аз тарафи дигар, ҳодисаи резонансро дар рӯзгор, илм ва техника ба таври васеъ истифода мебаранд. Чунончи амали як қатор асбобҳои техникӣ (басомадсанҷ, вибраторҳои зичкунандаи бетон, суръатфизоҳои резонансии зарраҳои бунёӣ) ба ҳодисаи резонанс асос ёфтаанд.

## § 21. Мавҷҳои арзӣ ва тӯлӣ.

### Дарозии мавҷ

**Мавҷҳои арзӣ.** Қисмҳои саҳт, моёъ, газмонанди андозаҳои бузургро ҳамчун муҳити аз ҳиссаҳои алоҳида иборатбудаи байни худ алоқаманд пиндоштан мумкин аст. Ба лапшиш даровардани ҳиссаҳои як қитъаи муҳит боиси лапшиши маҷбурии ҳиссаҳои ҳамсоя ва онҳо дар навбати худ боиси лапшиши дигар ҳиссаҳо мегарданд.

Агар як нуғи ресмони резинии дарозро ба даст гирифта онро дар ҳамвории уфуқӣ ба лапшиш дарорем, қувваҳои чандирии дар қисмҳои ресмон таъсиркунанда паҳншавии лапшишҳоро қад-қади он ба вучуд меоваранд. Дар натиҷа мавҷи ба дарозии ресмон давандаро мебинем.



Ҳамин гуна мавҷро хангоми ба сатҳи оби ором партофтани санг мушоҳида кардан мумкин аст.

Ҳангоми паҳншавии мавҷ қад-қади ресмон ё дар сатҳи об лаппишҳо нисбат ба самти паҳншавии мавҷ перпендикуляр ба вучуд меоянд.

**Мавҷҳоеро, ки дар онҳо лаппишҳо нисбат ба паҳншавии онҳо перпендикуляр ба амал меоянд, мавҷҳои арзӣ меноманд.**

**Мавҷҳои тулӣ.** На ҳар гуна мавҷро ҷашми мо мебинанд. Агар шоҳаи камертонро бо болгача қубем ба гӯши мо садо мерасад, вале



Расми 46

ҳеҷ гуна мавҷро дар ҳаво намебинем. Садоро дар натиҷаи тағйирёбии даври фишори ҳаво узвҳои шунавоии мо ҳис мекунанд. Ларзиши шоҳаҳои камертон боиси тағйирёбии фишори ҳавои назди гӯши мо мегардад. Ин тағйирёбӣ дар ҳаво ба ҳамаи самтҳо паҳн мешавад (расми 46). Онҳоро **мавҷҳои садой** меноманд.

Ҳангоми паҳншавии мавҷи садой ҳиссаҷаҳои муҳит қад-қади самти паҳншавии

лаппишҳо мелаппанд. **Мавҷҳои арзӣ, ки дар онҳо лаппишҳо ба самти паҳншавии мавҷ, ба амал меоянд, мавҷҳои тулӣ номида мешаванд.**

**Дарозии мавҷ.** **Суръати паҳншавии мавҷ.** **Суръати дар фазо паҳншавии ларзиш  $\vartheta$  -ро суръати мавҷ меноманд.** Масофаи байни ду нуқтаи наздиктаринеро, ки бо фазаҳои якхела мелаппанд, дарозии мавҷ меноманд. Алоқамандии дарозӣ, суръати мавҷ бо даври лаппиш тавассути формулаи

$$\lambda = \vartheta T \quad (1.5.4)$$

ифода меёбад.

Азбаски  $T = \frac{1}{\nu}$  аст, пас алоқамандии суръати мавҷ бо басомади лаппиш ба таври  $\vartheta = \lambda \nu$  (1.5.5)

ифода карда мешавад.

## § 22. Инъикос ва шикасти мавҷҳо

Мавҷҳо дар муҳити якҷинса аз манбаи лаппишҳо ба ҳамаи самтҳо якхела паҳн мешаванд. Дар худуди ҷудошавии муҳитҳои ҳосияти физикии гуногундошта манзараи паҳншавии мавҷ тағйир меёбад. Мавҷ қисман метавонад аз як муҳит ба муҳити дигар гузарад, қисман аз худуд инъикос шуда, дар муҳити аввала аз нав паҳн шавад.

Мавҷҳои садой дар ҳаво озодона паҳн мешаванд ва ҳамин ки ба монеа (девор) дучор омаданд, инъикос мешаванд ва мо акси онҳоро мешунавем. Инъикосёбии мавҷҳои сатҳи обро дар зарфи сатҳаш кушодаи обдор мушоҳида кардан мумкин аст.

**Принсипи Гюйгенс.** Инъикоси мавҷ ва қонуниятҳои дигари паҳншавии онро дар асоси принсипи соли 1690 пешниҳодкардаи физики

холандӣ Христиан Гюйгенс (1629 - 1695) шарҳ додан мумкин аст. Мувофиқи принципи мазкур ҳар як нуқтаи муҳит, ки ба он мавҷ омада мерасад, дар навбати худ манбаи нуқтавии мавҷҳои дуҷумӣ мешавад. Сатҳи ихотакунандаи ба мавҷҳои бунёдии дуҷумӣ расанда, fronti минбаъдаи мавҷ мешавад. Шакли fronti мавҷиро дар ягон лаҳзаи вақт  $t$  доништа, шакли ин гуна фронтро дар

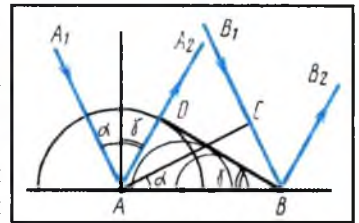


Расми 47

лаҳзаи  $t + \Delta t$  ёфтан мумкин аст. Агар муҳит якҷинса бошад, аз ҳар нуқтаи fronti АВ дар лаҳзаи  $t$  нимсфераҳои радиусашон  $\Delta \ell = \mathcal{V} \Delta t$  ( $\mathcal{V}$  - суръати паҳншавии мавҷ) ташкил меёбанд (расми 47) ва сатҳи ихотакунандаи  $A'B'$ , ки ҳар нуқтаи он аз сатҳи АВ дар масофаи  $\Delta \ell$  ҷойгир аст, fronti мавҷ дар лаҳзаи  $\Delta t$  мешавад.

**Қонуни инъикоси мавҷҳо.** Бигузур ба сарҳади муҳити АВ мавҷи ҳамвори  $A_1B_1$  афтад ва он бо **нормали** дар нуқтаи афтиш ба сатҳ фурувардашуда кунҷи  $\alpha$  -ро ташкил диҳад,

ки он **кунҷи афтиш** ном дорад. Дар лаҳзаи нури  $A_1A$  дар fronti АВ (расми 48) ба сарҳади муҳити дигар расидан нуқтаи А мувофиқи принципи Гюйгенс манбаи мавҷҳои дуҷумӣ мегардад. То ба нуқтаи В-и сарҳад расидани нури  $B_1B$  мавҷҳои дуҷумӣ аз нуқтаи А ба масофаи  $R = \mathcal{V} \Delta t$  дур мешаванд. Ҳамин тавр аз нуқтаҳои



Расми 48

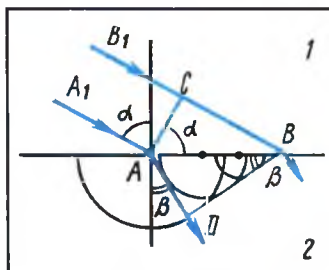
дигари муҳит (В-яке аз онҳост) масофаҳои паҳншавии мавҷҳои дуҷумиро вобаста ба вақти мувофиқ муайян сохта, fronti мавҷи инъикосёфтаи ВД-ро муқаррар кардан мумкин аст.

Мавҷҳои афтаандаю инъикосёфта дар ҳамон як муҳит паҳн мегарданд. Бинобар ҳамин суръатҳояшон якхелаанду дар ҳамон як муддати вақт масофаҳои якхеларо мепаймоянд. Ин аст, ки дарозии порчаҳои  $BC=AD=R$  мебошанд. Катетҳои ВС ва АД баробаранд. Секунҷаҳои АВС ва АВД гипотенузаи умумӣ доранд, бинобар ҳамин онҳо баробаранд, яъне  $\angle BAC = \angle ABD$

Мувофиқи ин баробарӣ кунҷҳои инъикос ( $\gamma$ ) ва афтиш ( $\alpha$ ) ҳамчун кунҷҳои тарафҳояшон перпендикуляр баробаранд. Хулосаи мазкур, ки аз принципи Гюйгенс ба тарзи назариявӣ бармеояд, дар таҷриба санчида шудааст ва **қонуни инъикоси мавҷ ном гирифтааст: шуъон инъикосёфта, шуъон афтада ва перпендикулярӣ ба сарҳади ду муҳит фурувардашуда дар як ҳамворӣ меҳобанд ва кунҷҳои инъикосу афтиш баробаранд.**

**Қонуни шикасти мавҷҳо.** Дар ҳудуди ҷудошавии ду муҳит тағйирёбии самти паҳншавии мавҷҳо ро шикасти мавҷ меноманд.

Протесси шикасти мавҷро ҳангоми афтиши мавҷи фронташ ҳамвор ба сатҳи ҳамвори ҷудошавии ду муҳит дида мебароем. Агар кунҷи афтиши мавҷ аз сифр фарқ кунад, пас мавҷи афтанда дар вақтҳои ҳархела ба нуқтаҳои гуногуни ҳудуди ҷудошавии ду муҳит мерасад. Дар лаҳзае, ки қитъаи бо шуъои  $A_1A$  ифодашудаи мавҷи афтанда ба ҳудуди ҷудошавии ду муҳит мерасад (расми 49), мувофиқи принсипи Гйугенс нуқтаи  $A$



Расми 49

манбаи мавҷҳои дуҷумӣ мегардад. Дар лаҳзаи вақте, ки дар муҳити якум қитъаи бо  $B_1C$  ишоратшудаи fronti мавҷ ба сарҳад мерасад, мавҷҳо дар муҳити дуҷум аз нуқтаи  $A$  ба масофаи  $AD = g_2 \cdot \Delta t$  паҳн мешаванд. Мавҷҳои fronti мавҷи шикаста дар лаҳзаи ба ҳудуди ҷудошавӣ расидани шуъои  $B_1C$  дар расм бо хати ростии  $BD$  нишон дода шудааст. Мавҷҳои афтанда ва шикаста дар муҳитҳои гуногун бо суръатҳои ҳархела паҳн мешаванд. Аз ин рӯ онҳо масофаҳои гуногунро тай мекунанд. Кунҷи афтиш  $\alpha$  ба кунҷи  $CAB$ , кунҷи шикаст  $\beta$  ба кунҷи  $DBA$  ҳамчун кунҷҳои тарафхояшон байни худ перпендикуляр баробаранд. Нисбати синуси кунҷи афтиш  $\alpha$  -ро ба синуси кунҷи шикаст  $\beta$  меёбем:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\frac{|BC|}{|AB|}}{\frac{|AD|}{|AB|}} = \frac{|BC|}{|AD|}$$

Тавре ки дар боло гуфтем,  $|BC| = g_1 \Delta t$  ва  $|AD| = g_2 \Delta t$ , пас

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{g_1}{g_2} \quad (1.5.6)$$

мешавад.

Ин баробарӣ қонуни шикасти мавҷро ифода мекунад: шуъои афтанда, шуъои шикаста ва перпендикулярӣ ба ҳудуди ҷудошавии ду муҳит гузаронидашуда дар як ҳамворӣ меҳобанд; нисбати синуси кунҷи афтиш бар синуси кунҷи шикаст барои ду муҳити додашуда бузургин доимист.

Нисбати синуси кунҷи афтиш бар синуси кунҷи шикастро нишондодди нисбии шикасти меноманд:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21} \quad (1.5.7)$$

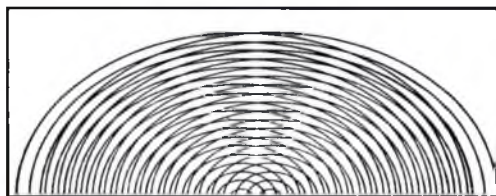
Ин чо бояд қайд кунем, ки нисбати нишондоди шикасти муҳити ихтиёрӣ бар нишондоди шикаст дар вакуум (хало) **нишондоди шикасти мутлақ** номида мешавад.

$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}, \quad n_1, n_2 \text{ мувофиқан нишондоди шикасти мутлақи муҳитҳои}$$

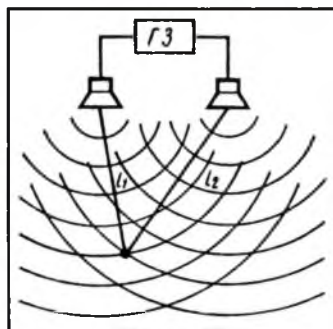
якум ва дуҷум мебошанд. Яъне ҳар гуна муҳит ба худ хос нишондоди шикаст дорад.

## §23. Интерференсия ва дифраксияи мавҷҳо

**Принципи суперпозитсия.** Пахншавии мавҷоро аз ду ё якҷанд манбаъ дар сатҳи об мушоҳида карда, фаҳмида метавонем, ки мавҷҳо яке аз болои дигар гузашта, ба ҳам таъсир намерасонанд. Мавҷҳои садо низ айнан ҳамин тавр рафтор мекунанд. Ҳангоми шунидани оркестр садои ҳар кадом асбоб мисли он ки як асбоб навохта мешуда бошад, ба гуши мо мерасад. Дар ҳар нуктае, ки ба он мавҷҳо аз манбаъҳои гуногун якбора мерасанд, натиҷаи амали якҷояи мавҷҳо ба суммаи натиҷаҳои амали ҳар кадоми мавҷҳои алоҳида баробар аст. Ин қонуниятро **принципи суперпозитсия** меноманд.



Расми 50



Расми 51

**Интерференсияи мавҷҳо.** Барои чуқуртар фаҳмидани моҳияти принципи суперпозитсия ба таҷрибаи зайл муроҷиат менамоем.

Дар ваннаи мавҷӣ тавассути вибратори аз ду тараф милладошта, ду манбаи нуктагии мавҷҳо ҳосил мекунем, ки онҳо бо басомади якхела ларзиш меҳӯранд. Мушоҳидаи нишон медиҳад, ки дар мавриди мазкур дар ваннаи мавҷӣ манзараи махсуси пахншавии мавҷ мушоҳида мешавад. Дар сатҳи об қитъаҳои тасмашакле пайдо мешаванд, ки дар онҳо лапишҳо ба назар намерасанд (расми 50).

Ҳодисаи ба ин монандро дар таҷрибаҳо бо мавҷҳои садоӣ низ мушоҳида кардан мумкин аст. Ду баландгӯяки динамикиро аз ҳам ҷудо гузошта, онҳоро ба як генератори садоӣ пайваस्त мекунем (расми

51). Синфхонаро қадам зада, дар мавҷеҳои гуногун пасту баланд шунидашавии садоро пайҳас кардан мумкин аст. Мавҷҳои садогии ду манбаъ дар баъзе нуқтаҳои фазо якдигарро пурқувват ва дар дигар нуқтаҳо якдигарро суфт мекунад. **Ҳодисаи афзоиш ё камшавии амплитудаи мавҷи натиҷавӣ ҳангоми ҳамҷояшавии ду мавҷи даври лапнишашои якхеларо интерференсияи мавҷ меноманд.**

Дар нуқтаҳои фазо, ки мавҷҳои амплитуда ва зудии якхела дошта аз рӯи фаза бо  $\pi$  ё ним даври лапниш гечида паҳн мешаванд, амплитудаи лапнишҳо ба сифр баробар аст. Ҳангоми бо қонуниятӣ ягона аз ду манбаъ паҳн гаштани мавҷҳо фарқи ба ним давр баробар ҳамон вақт ҳосил мешавад, ки агар фарқи масофаҳо  $\Delta$  аз манбаъҳои  $\ell_1$  ва  $\ell_2$  то нуқта ба нисфи дарозии мавҷ баробар шавад.  $\Delta = \ell_1 - \ell_2 = \frac{\lambda}{2}$  ё барои шумораи токи ниммавҷҳо  $\Delta = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$

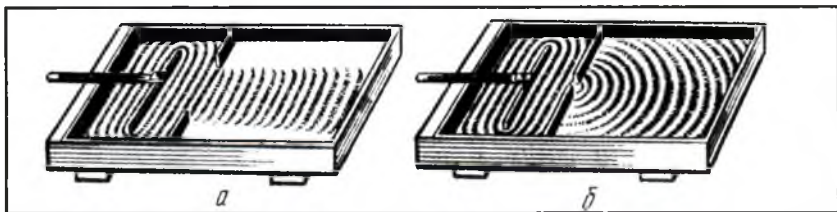
Фарқи  $\Delta$ -ро фарқи роҳи густариши мавҷҳои интерференсияшаванда ва шартӣ  $\Delta = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ -ро **шартӣ минимуми интерференсионӣ** меноманд.

Максимумҳои интерференсионӣ дар нуқтаҳои мушоҳида мешаванд, ки мавҷҳо аз онҳо бо лапнишҳои фазаи якхела дошта мегузаранд. Ҳангоми қонуниятӣ якхелаи лапнишҳои ду манбаъ шартӣ мазкур бояд фарқи роҳи густариши мавҷҳо ба шумораи бутуни онҳо баробар шавад  $\Delta = k\lambda$ .

Интерференсияи мавҷҳо танҳо ҳангоми иҷрои шартӣ когерентӣ имконпазир аст. Калимаи когерентӣ маънои мувофиқатро дорад.

**Лапнишҳоеро когерентӣ мегӯянд, ки басомади якхела доранд ва бо мурури замон фарқи фазаҳояшон доимӣ мемонад.**

**Дифраксияи мавҷҳо.** Мо борҳо садои сигнали мошини дар паси девор ё бурчи биноҳо истодаро, ки намоён нест, шунидаем. Яъне, мавҷҳои садо канораҳои монсари давр зада, гузашта метавонанд. Чунонки мавҷи об санги дар об намоёнро озодона давр зада мегузарад. Ин ҳодисаро дар ваннаи мавҷӣ мушоҳида мекунем. Дар роҳи мавҷҳои, ки дар натиҷаи ларзиши вибратор-ҷадвал паҳн мегарданд, экрани рогадорро мегузорем.



Расми 52

Агар андозаи рога назар ба дарозии мавҷ бузург бошад, мавҷ дар паси рога тавре густариш меёбад, ки гуё монеа вучуд надорад. Яъне мавҷ қариб шакли худро тағйир надода, аз рога мегузарад (расми 52, а).

Вақте ки андозаи рога хурд карда мешавад, дар паси он қачии фронти мавҷ доирашакл мешавад (расми 52, б). Яъне мавҷ ба паси рога, гуё онро давр зада мегузарад.

**Ҳодисаи канорҳои монеаро давр зада гузаштани мавҷро дифраксияи мавҷ меноманд.** Ҳодисаи дифраксия низ дар асоси принсипи Гюйгенс шарҳ дода мешавад. Дар рогаи андозаҳои хурд манбаҳои мавҷи дуҷумӣ ба якдигар чунон наздик шуда метавонанд, ки онҳоро ҳамчун як манбаи нуқтагӣ қабул кардан мумкин аст. Мавҷҳои дуҷумии ин манбаъ ба паси канораҳои монеа мегузаранд ва қачшавии фронти мавҷи ҳамвор ба амал меояд.

Ҳодисаи дифраксия мисли интерференсия ба ҳама навиҳои мавҷ хос аст.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Чӣ гуна лаппишхоро озод меноманд? Лаппишҳои маҷбурӣ чӣ?
2. Резонанс чист?
3. Мавҷи чист?
4. Тафовути мавҷҳои арзӣ аз тӯлӣ дар чист?
5. Байни дарозӣ ва суръати паҳншавии мавҷ чӣ гуна алоқамандӣ вучуд дорад?
6. Интерференсия ва дифраксияи мавҷхоро шарҳ диҳед.

### Машқи 13

1. Агар басомади ларзиш 200 Гс ва суръати мавҷ 480 м/с бошад, фарқи фазаҳои ду нуқтаи мавҷро муайян кунед, ки масофаи байнашон 20 см аст.
2. Ҳангоми бо эҳдолот чен кардани чуқурии баҳр лаҳзаҳои афканиш ва қабули садо 0,6 с фарқ доштанд. Агар суръати садо дар оби баҳр 1450 м/с бошад, чуқурии баҳр дар зери киштӣ чӣ қадар аст?

## 1.6. ҚОНУНҲОИ БАҚО ДАР МЕХАНИКА

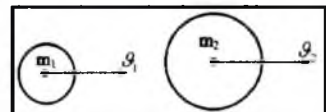
### § 24. Импулси ҷисм. Қонуни бақои импулс

Бузургии физикиери импулс ё микдори ҳаракати ҷисм меноманд, ки вай ба ҳосили зарби массаи ҷисму суръати он баробар аст.

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (1.6.1)$$

Азбаски  $\vec{g}$  - бузургии векторӣ аст, ҳосили зарби он бо бузургии скалярии масса ( $m$ ) ҳам вектор мешавад, яъне импулс бузургии векторӣ аст.

Бигузур ҷисмҳои массаҳои  $m_1$  ва  $m_2$  бо суръатҳои  $g_1$  ва  $g_2$  соҳиб бошанд (расми 53) ва аз рӯи як хати рост ба ҳамон як самт ҳаракат кунанд.



Расми 53

Агар суръати чисми якум назар ба суръати чисми дуюм зиёд бошад ( $\mathcal{G}_1 > \mathcal{G}_2$ ), пас баъди ягон лаҳзаи вақт вай ба чисми дуюм расида, бо он бармехӯрад. Фаҳмост, ки дар натиҷаи зарба суръати чисми якум кам  $\mathcal{G}'_1$  шуда, суръати чисми дуюм  $\mathcal{G}'_2$  меафзояд.

Қонунҳои дуюм  $\left( \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \right)$  ва сеюми  $(\vec{F}_2 = -\vec{F}_1)$  Нютонро истифода бурда, баъди ихтисори вақт ( $t$ ) ҳосил мекунем:

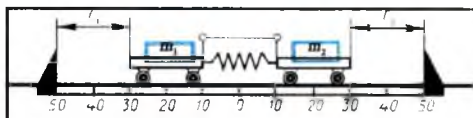
$$m_1 (\vec{\mathcal{G}}_1 - \vec{\mathcal{G}}'_1) = -m_2 (\vec{\mathcal{G}}_2 - \vec{\mathcal{G}}'_2)$$

Баробарии охириро дар шакли зерин навиштан мумкин аст.

$$m_1 \mathcal{G}_1 + m_2 \mathcal{G}_2 = m_1 \mathcal{G}'_1 + m_2 \mathcal{G}'_2 \quad (1.6.2)$$

Фаҳмидан душвор нест, ки тарафҳои чапу рости формула суммаи импульсҳои ҷисмҳои пеш аз зарба ва баъди он ифода мекунанд, яъне дар системаи маҳдуд суммаи импульсҳои ду ҷисм ҳангоми таъсири байниҳамдигарии онҳо бо мурури замон (пеш ва баъди зарба) бетағйир мемонад. Инро қонуни бақои импульс меноманд.

Ба дурустии қонуни мазкур тавассути таҷриба бо аробачаҳои дар расми 54 тасвирёфта, ки массаҳои онҳоро тағйир додан мумкин аст ва бо қувваи ҷандирии пружина аз ҳамдигар тела дода мешаванд, бовар кардан мумкин аст.



Расми 54

Яъне дар таҷриба санҷида мешавад, ки

$$m_1 \ell_1 = -m_2 \ell_2 \quad \text{ё ки} \quad m_1 \mathcal{G}_1 \Delta t = -m_2 \mathcal{G}_2 \Delta t,$$

ва

$$m_1 \mathcal{G}_1 = -m_2 \mathcal{G}_2 \quad \text{ё ки} \quad m_1 \mathcal{G}_1 + m_2 \mathcal{G}_2 = 0 \quad (1.6.3)$$

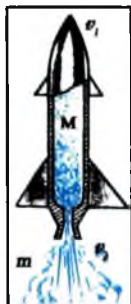
ҳосил мешавад.

Ҳамин тариқ дурустии қонуни бақои импульс барои таъсири байниҳамдигарии ду ҷисм санҷида мешавад. Қонуни мазкур барои системаи ҷисмҳо низ дуруст аст. Яъне, импульси системаи маҳдуд бо мурури вақт тағйир намеёбад.

$$\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 + \dots + \vec{P}_N = \text{const} \quad (1.6.4)$$

Зухуроти қонуни бақои импульс ҳангоми тирпарронӣ (тири тӯп онро ба қафо тела медиҳад), ҳаракати реактивӣ (дар натиҷаи сӯзиш гази хориҷшаванда ва бадани мушак ба импульсҳои якҷела соҳиб мешаванд) мушоҳида мешавад.

## § 25. Ҳаракати реактивӣ



Донистани қонуни бақои импульс имконият медиҳад, ки ҳангоми номаълум будани қимати қувваҳои суръатҳои муайян карда шаванд.

Барои мисол муҳаррики реактивиро мегирем. Ҳангоми сӯختани сӯзишворӣ газҳои ҳарорати баланддошта аз ақиби мушак бо суръати баланди  $\vec{g}_2$  хориҷ мешаванд (расми 55).

Киштии ва газҳои хориҷшаванда байни якдигар дар таъсири мутақобил мебошанд.

**Расми 55** Дар асоси қонуни бақои импульс гуфта метавонем, ки ҳангоми вучуд надоштани қувваҳои беруна суммаи вектории қувваҳои ҷисмҳои таъсири мутақобилдошта доимӣ мемонад.

То дами ба қор даромадани муҳаррик импульси мушак ва сӯзишвории он баробари сифр буд, пас аз ин мебарояд, ки баъди ба қор шурӯъ кардани муҳаррик низ суммаи векторҳои импульси ракета ва газҳои хориҷшаванда ба сифр баробар аст. Яъне,

$$M\vec{g}_1 + m\vec{g}_2 = 0, \quad (1.6.5)$$

ки дар ин ҷо  $M$  – массаи мушак,  $\vec{g}_1$  – суръати мушак,  $m$  – массаи газҳои хориҷшаванда,  $\vec{g}_2$  – суръати чоришавии газ аст.

Аз формулаи (1.6.5) ҳосил мекунем:

$$M\vec{g}_1 = -m\vec{g}_2 \quad (1.6.6)$$

ё ки барои қимати мутлақи суръати мушак

$$\vec{g}_1 = \frac{m}{M} \cdot \vec{g}_2 \quad (1.6.7)$$

мешавад.

Формулаи мазкур барои ҳисоб кардани қимати мутлақи суръати киштии ҳангоми кам тағйир ёфтани массаи он  $M$  татбиқ мешавад.

Муҳаррики реактивӣ дорои хусусиятҳои ҷолиб мебошад. Аз ҷумла, барои ҳаракати автомобил ба ғайр аз муҳаррик боз роҳ лозим аст, ки бо он чархҳо мутақобил таъсир намоянд, барои қайқ – об, барои тайёра ҳаво. Аммо барои ракета (мушак) на роҳ, на об ва на ҳаво лозим аст, чунки вай аз ҳисоби таъсири мутақобили сӯختани сӯзишворӣ ҳаракат мекунад. Маҳз бо ҳамин сабаб киштии қайҳонӣ дар фазои беҳаво ҳаракат карда метавонад.

Асосгузори ҳаракати реактивӣ олим ва ихтироъкори рус К.Э. Циолковский (1857-1935) мебошад. Дар замони Иттиҳоди Шӯравӣ илми қайҳоншиносӣ хеле тараққӣ кард ва ба натиҷаҳои назаррас ноил гашт. Олими машҳури шӯравӣ С.П. Королев (1907-1966) ақидаҳои Циолковскийро амалӣ гардонда, дар сохтан ва ба мадор баровардани киштиҳои қайҳонӣ корҳои зиёдеро ба анҷом расонид. Имрӯз киштиҳои



гуногуни кайҳонӣ ва радифҳои маснӯъ ба нафъи мардум хизмат мекунанд.



### Саволҳои санҷишӣ

1. Чӣ гуна бузургии физикиро импулси ҷисм меноманд?
2. Моҳияти қонуни бақои импулсро бо мисолҳо фаҳмонда метавонед?
3. Қонуни бақои импулс дар чӣ гуна системаҳо амал мекунад?



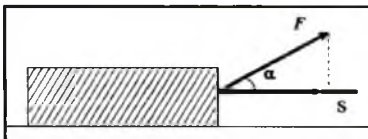
### Машқи 14

1. Варзишгари массааш 70 кг бо суръати 10 м/с давида, ба аробаи массааш 150 кг, ки ба пешвози  $\bar{u}$  бо суръати 3 м/с ҳаракат мекард, меҷаҳад. Ароба бо варзишгар ба кадом тараф ва бо кадом суръат ҳаракат мекунанд?

2. Тири тӯп, ки бо суръати 480 м/с уфуқӣ парвоз мекард, кафида ба ду пораи баробар ҷудо шуд. Яке аз ин пораҳо бо суръати 400 м/с нисбат ба Замин амудан ба боло парвоз кард. Суръати пораи дуюмро муайян кунед.

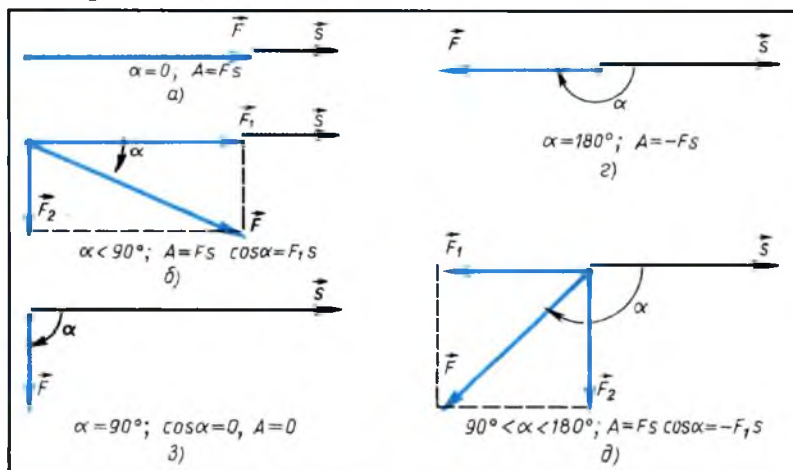
## § 26. Қор ва энергия

**Қори механикӣ.** Зери таъсири қувва ҳаракат кардани ҷисм аз он дарак медиҳад, ки вай бо ягон ҷисм (ё системаи ҷисмҳо) таъсири мутақобил дорад ва дар натиҷа ҳолати ҳаракати он тағйир меёбад. Дар айни ҳол мегӯянд, ки ҷисм қори механикӣ иҷро мекунад.



Расми 56

Қори механикӣ аз рӯи ҳосили зарби модулҳои қувва, кӯчиш ва косинуси кунҷи байни векторҳои қувва ва кӯчиши ҷисм муайян карда мешавад (расми 56).



Расми 57

$$A = F \cdot s \cdot \text{Cos}\alpha \quad (1.6.8)$$

Аз рӯи расми 57 натиҷаи кори қувваи ба ҳисм гузошташударо дар мавридҳои гуногун муоина карда метавонем.

Дар системаи байналхалқии воҳидҳо ба сифати воҳиди кор **ҷоул** (Ҷ) қабул шудааст, ки  $1\text{Ҷ} = 1\text{Н} \cdot 1\text{м}$

Масалан, агар кори кашолақунии автомобилро ба 2 км ҳангоми 600 Н будани тарангии симтаноб ҳисоб карданӣ шавем, пас

$$A = F \cdot s = 600\text{Н} \cdot 2000\text{м} = 1200000\text{Ҷ}$$

ҳосил мешавад.

Ба хотир меорем, ки кори ҳангоми фишурдашавӣ (ё кашидашавӣ)-и пружина иҷрошаванда чӣ гуна ҳисоб карда мешавад. Ҳангоми ба бузургии  $\Delta\ell$  таъйиқшавӣ қувваи гузошташуда ба қувваи чандирӣ баробар буда, аз  $F_1 = 0$  то  $F_2 = k\Delta\ell$  тағйир меёбад. Онро ҳамчун қимати миёнаи арифметиқии қувваҳои  $F_1$  ва  $F_2$  ҳисоб кардан мумкин аст.

$$F_M = \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{0 + k\Delta\ell}{2} = \frac{k\Delta\ell}{2} \quad (1.6.9)$$

Азбаски самти қувваи беруна ба самти кӯчиши нӯги пружина мувофиқат мекунад, пас  $\text{Cos}\alpha = 1$  ва кори иҷрошуда ба

$$A = F_M \cdot \Delta\ell = \frac{1}{2} k\Delta\ell^2 \quad (1.6.10)$$

баробар мешавад.

**Тавоноӣ.** Барои ба қобилияти қоричроқунии муҳаррик баҳо додан, аз мафҳуми тавоноӣ истифода мебаранд. **Нисбати кори иҷрошуда бар фосилаи вақт (t)-ро, ки дар давоми он кор иҷро гардидааст, тавоноӣ (N) меноманд.**

$$N = \frac{A}{t} \quad (1.6.11)$$

Дар системаи байналхалқӣ ба сифати воҳиди тавоноӣ **ватт** (1Вт=1Ҷ/с) қабул шудааст.

Ҳангоми ҳаракати мунтазам  $\left(g = \frac{S}{t}\right)$  тавоноӣ бо суръати ҳаракати ҳисм ифода мешавад, яъне

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S}{t} = F \cdot g \quad (1.6.12)$$

Формулаи охир аз он далолат мекунад, ки дар ҳамон як қимати тавоноии муҳаррик суръатро каму зиёд карда, қимати қувваи кашиш  $F$  - ро тағйир додан мумкин аст. Аз ин хусусияти муҳаррикҳо ронандагони нақлиёт, устои дастгоҳҳо истифода мебаранд. Масалан, барои ҳосил кардани қувваи кашиши зиёд ва чуқур шудгор кардани замин тракторчӣ суръати ҳаракатро суст мекунад; барои қоркарди масолеҳи саҳт устои дастгоҳи ҳарротӣ суръати теги бурандаро паст мекунад ва ғайраҳо.

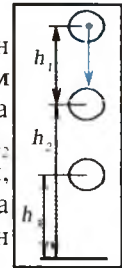
**Энергия.** Агар координатаҳо ва суръатҳои ҷисмҳои система дар ягон лаҳзаи вақт маълум бошанд, пас аз рӯи ин маълумот ба ҳолати механикии система пурра баҳо додан мумкин аст. Аз тарафи дигар ба ҳар як ҳолати система аз рӯи як бузургӣ, ки он аз суръатҳо ва координатаҳои ҷисмҳои система вобастагӣ дорад, низ баҳо додан мумкин аст. Энергия бузургист, ки ба ҳамин хусусият молик аст. Системаи дар ин ва ё он ҳолати механикӣ қарордошта ҳангоми тағйирдиҳии ҳолат метавонад қор иҷро намояд, яъне соҳиби энергия аст.

**Кобилияти қоричроқунии ҷисмро энергия меноманд.**

**Энергияи потенциалӣ.** Ҷисме, ки аз сатҳи Замин ба ягон баландӣ бардошта шудааст, яъне системаи «ҷисм-Замин» соҳиби энергия аст.

**Энергияро, ки аз рӯи мавқеи ҷойгиршавии ҷисмҳо ё худ қисмҳои онҳо муайян карда мешавад, энергияи потенциалӣ меноманд.**

Барои муқоисаи энергияи потенциалии ҷисмҳои гуногун бояд шартан мавқеи ибтидоии ҷисмҳо, ки нисбат ба он ҷисм дар ягон баландии  $h$  мешавад, муайян бошад. Вобаста ба шарти масъала ин бузургӣ (болои девор  $h_1$ , сатҳи Замин –  $h_2$ , ё сатҳи об –  $h_3$ ) гуногун шуда метавонад (расми 58). Одатан, энергияи потенциалии ҷисми дар сатҳи Замин бударо ба сифр баробар мегӯянд. Ҳамин тавр дар системаи ба Замин алоқаманд ҷисми дар баландии  $h$  буда, дорои энергияи



Расми 58

$$E_n = mgh \quad (1.6.13)$$

мешавад.

Формулаи (1.6.13) фақат барои баландиҳои начандон зиёд татбиқшаванда аст, ки дар онҳо тағйирёбии қимати  $g$  ба эътибор гирифта намешавад.

Энергияи ҷисмҳои чандирӣ тазйиқшударо низ энергияи потенциалӣ мегӯянд, чунки он аз мавқеи ҷири қисмҳои ҷисм (масалан, печакҳои пружина) вобастагӣ дорад. Яъне, энергияи потенциалии пружинаи фишурдашударо аз рӯи формулаи

$$E_n = \frac{k\Delta\ell^2}{2} \quad (1.6.14)$$

муайян кардан мумкин аст.

**Энергияи кинетикӣ.** Чисмҳои дар ҳаракат буда (оби чоришаванда, бод, чархи гардон ва ғайра) низ дорои энергияи механикӣ мебошанд. **Энергияро, ки ҷисм дар натиҷаи ҳаракати худ бо он молик мешавад, энергияи кинетикӣ меноманд.**

Биғузур ба ҷисми массааш  $m$ , ки нисбат ба системаи сарҳисоби муайян дар ҳолати оромист, ягон қувваи доимии  $\vec{F}$  таъсир кунад. Таҳти таъсири қувва ҷисм бо шитоби  $a$  ба ҳаракат мебарояд, масофаи  $S$ -ро паймуда, соҳиби суръати  $g$  мешавад. Агар вай дар сатҳи уфуқӣ кӯчиш кунад, пас

$$E_k = A = F \cdot S \quad (1.6.15)$$

мешавад.

$$\text{Аммо } F = ma \text{ ва } S = \frac{g^2}{2a} \text{ аст, пас}$$

$$FS = ma \frac{g^2}{2a} = \frac{mg^2}{2}$$

мешавад.

Ҳамин тавр

$$E_k = \frac{mg^2}{2} \quad (1.6.16)$$

мешавад.

Энергияи кинетикӣ ба нисфи ҳосили зарби масса ва квадрати суръати ҷисм баробар аст.

Агар ҷисм то ибтидои вақти ҳаракат соҳиби ягон суръати  $g_1$  бошад, пас

$$E_k = A = FS = ma \frac{g_2^2 - g_1^2}{2a} = \frac{mg_2^2}{2} - \frac{mg_1^2}{2} \quad (1.6.17)$$

мешавад.

Қисми рости баробарии боло тағйирёбии энергияи кинетикиро ифода мекунад. Яъне тағйирёбии энергияи кинетикӣ ба кори дар ин ҳангом иҷрошуда баробар аст.

## § 27. Қонуни бақои энергия

Аз формулаҳои  $E_n$  ва  $E_k$  фаҳмидан душвор нест, ки энергия низ мисли қор бо чоулҳо ҳисоб карда мешавад.

Ҳар гуна ҷисм якбора метавонад соҳиби энергияҳои потенциалӣ ва кинетикӣ бошад. Дар ҳодисаҳои механикӣ ба якдигар табдилёбии энергияҳои потенциалӣ ба кинетикӣ имконпазир аст, аммо энергияи пурраи механикӣ системаи маҳдуди ҷисмҳо бетағйир мемонад.

$$E = E_k + E_n \quad (1.6.18)$$

**Энергияи механикии дохилии система танҳо аз як ҷисм ба ҷисми дигари система гузашта, ё аз як намуд ба намуди дигари энергия табдил ёфта метавонад.**

Хулосаи маъмур ҳолати хусусии яке аз муҳимтарин қонунҳои табиат – **қонуни бақо ва табдилоти энергияро** ифода менамояд, ки мувофиқи он ҳангоми табдилоти дилхоҳи энергия (механикӣ ба дохилӣ, электрикӣ ба механикӣ ё дохилӣ ва ғайра) суммаи энергияҳои кинетикӣ ва потенциалӣ бузургии доимист.

Ҳамин тариқ, агар қимати қувваҳои ба ҷисм гузошташуда маълум бошад, қонунҳои бақои импульс ва энергия имконият медиҳанд, ки масъалаҳои механикӣ ҳал шаванд.

Қонунҳои бақо қонунҳои умумитарини табиатанд. Чунончи, қонуни Паскал танҳо барои моеъ ва газҳо иҷрошаванда аст, қонуни Ом ҳудуди муайяни татбиқ дорад, ҳол он ки қонунҳои бақои энергия ва импульс дар ҳамаи протсессҳои физикӣ иҷрошавандаанд.

Мо қонунҳои бақои энергия ва импульсро чун натиҷаи амали қонунҳои динамика ҳосил намудем. Аммо ин қонунҳо дар мавридҳои низ татбиқшавандаанд, ки онҳо қонунҳои динамикаи Нютонро бевосита татбиқ кардан мумкин нест.

Масалан, ҳангоми ҳаракати ҷисме, ки суръаташ ба суръати рӯшной наздик аст, ё ҳангоми омузиши ҳаракати зарраҳои дохили атом қонунҳои Нютонро татбиқ кардан ғайриимкон аст. Аммо қонунҳои бақо дар ҳама мавридҳо беистисно татбиқшавандаанд.

### **Саволҳои санҷишӣ**

1. Қори қуввае, ки нисбат ба самти ҳаракати ҷисм таҳти ягон қунҷ таъсир мекунад, чӣ тавр ҳисоб карда мешавад?
2. Дар қадом қимати қунҷи байни самти таъсири қувва ва қунҷи қор ба сифр баробар мешавад? Қимати зиёдтарин мегирад?
3. Тавоноӣ чист? Тавоноии муҳарриқро чӣ тавр ҳисоб мекунад?
4. Энергияи потенциалии ҷисми аз сатҳи Замин дар ягон баландӣ воқеъбуда ба чӣ баробар аст?
5. Энергияи потенциалии ҷисми чандири тазйиқшударо чӣ тавр ҳисоб мекунад?
6. Моҳияти қонуни бақо ва табдили энергияро шарҳ дода метавонед?

### **Машқи 15**

1. Тайёра ҳангоми аз Замин қандашавиаш бояд суръати 25 м/с дошта бошад. Дарозии хестангоҳи он 100 м-ро ташкил медиҳад. Агар массаи тайёра 1 т ва муқовимати ҳаракат 200 Н бошад, муҳарриқи тайёра бояд чӣ гуна тавоноӣ дошта бошад?
2. Автомобили массааш 5000 кг ҳангоми гузаштан аз роҳи қӯҳӣ нисбат ба сатҳи баҳр 400 м боло баромад. Энергияи потенциалии автомобилро нисбат ба сатҳи баҳр муайян кунед.
3. Агар муқовимати филизоғ ҳангоми буридан 600 Н ва суд (ККФ)-и дастгоҳи ҳарротӣ 0,75 бошад, магар тавоноии муҳарриқи электрикӣ он (7,8 кВт) барои бо суръати 5 м/с буридани он қифоягӣ мекунад?
4. Бори массааш 2,5 кг аз баландии 8 м ба сатҳи Замин озод меафтад. Ҳангоми ба 100 Ч қамшавии энергияи потенциалиаш вай дар қадом баландӣ мешавад?

5. Бори массааш 50 кг аз теппаи баландиаш 200 м лағжида, дар поёни теппа қарор мегирад. Барои аз нав борро бо ҳамин роҳ ба болои теппа баровардан чӣ қадар қор бояд иҷро шавад?

6. Агар энергияи кинетикии тири массааш 10 г хангоми паррондан 3200 Ҷ бошад, вай бо қадом суръат ҳаракат мекунад?

7. Бо ҳар зарбай болгаи массааш 400 г мех ба тахта 20 мм меахрояд. Агар суръати болга пеш аз зарба 4 м/с бошад, қувваи миёнаи муқовимати тахтаро муайян кунед.

8. Ҷисми массааш 0,3 кг, ки бо суръати 25 м/с амудан ба боло партофта мешавад, баъди 2 с ба қадом энергияи кинетикӣ соҳиб мешавад?

9. Агар пружинаи 2500 Н/м саҳтидошта 2 см фишурда шуда бошад, пас вай соҳиби чӣ гуна энергия аст?

10. Ҷисме, ки озод меафтад, бо суръати 30 м/с ба сатҳи Замин мерасад. Баландии афтиши ҷисмо ёбед.

11. Агар ҷисм дар баландии 10 м суръати 8 м/с дошта бошад, дар қадом баландӣ энергияҳои кинетикию потенциалиаш баробар мешаванд?

12. Агар ҷисми массааш 5 кг суръаташро аз 4 то 3 м/с тағйир диҳад, қори қувваи соишро муайян кунед.

## 1.7. ГИДРОСТАТИКА ВА ГИДРОДИНАМИКА

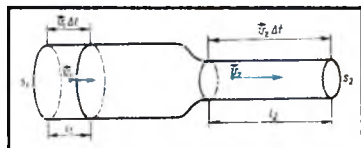
### § 28. Вобастагии фишори моеъ аз суръати ҷоришавии он. Муодилаи Бернулли

Мушоҳидаи ҷараёни об (масалан, оби дарё) аз он гувоҳӣ медиҳад, ки ҳаракати моеъ (газ)-ро назар ба ҳаракати ҷисмҳои саҳт мураккабтаранд. Яъне, қисмҳои алоҳидаи моеъ бо суръатҳои ҳархела ҷорӣ мешаванд: дар қисми мобайнии дарё суръат зиёд асту дар қанорҳои он кам, баъзан гирдобҳо ба вучуд меоянд. Ҳаракати ҳаво низ дар атмосфера чунин аст. Азбаски қонунҳои ҳаракати моеъҳо ва газҳо аз якдигар ҷандон фарқ намекунанд, онҳоро якҷоя меомӯзанд.

Аслан бо мақсади муҳокимаронию шарҳи мухтасар хангоми омӯзиши ҳаракати моеъҳо ва газҳо онҳоро ба ду навъ ҷудо мекунанд.

Ҳангоми суръатҳои начандон баланд моеъ (чун газ) ҳамчун қабатҳои ҷудоғона, ки нисбат ба якдигар мелағзанд, ҷорӣ мешавад. Яъне ҳаракати бешитоб (мунтазам)-и ҳама қитъаҳои моеъ ё газро ҷараёни **ламинарӣ**\* меноманд. Агар эффекти қанориро ба эътибор нагирем, пас ҷараёни моеъро дар лула (қубур)-ҳои дароз ё дарёҳои қалон ҷараёни ламинарӣ ҳисобидан мумкин аст.

Агар суръати ҷараёни моеъ (газ) бо мурури замон тағйир ёбад, ҳаракати шитобноки зарраҳо сурат мегирад, ки он сабаби фарқи фишорҳо мешавад. Яъне, бо тағйирёбии суръати моеъ қабатҳо омезиш ёфта, соҳаҳои ҷарҳзанандаи гирдобӣ ба вучуд меоянд ва ҷараёни ба истилоҳ **турбулентӣ**\*\* (бенизом, пуртуғён) пайдо мешавад.



Расми 59

\* Аз калимаи латинии *lamina*, ки маъноаш **қабат** аст.

\*\* Аз калимаи латинии *turbus lentus*, ки маъноаш **гирдболшақл** аст.

Татбикёбии қонуни бақои энергияро дар мисоли ҳаракати моеъ (ё газ)-ҳо дар дохили лӯла дида мебароем.

Ҳангоми ҳаракати мӯътадили моеъ ё газ аз лӯлаи масоҳати буришҳои арзиаш гуногуни  $S_1$  ва  $S_2$  (расми 59) бояд дар лаҳзаҳои якхелаи вақти  $\Delta t$  массаҳои якхелаи моеъ гузаранд:

$$\rho_1 g_1 s_1 \Delta t = \rho_2 g_2 s_2 \Delta t$$

Агар зичии моеъ дар қитъаҳои лӯла  $\rho_1 = \rho_2$  бошад, пас

$$g_1 S_1 = g_2 S_2$$

мешавад.

Аз ин ҷо фаҳмида мешавад, ки суръати ҳаракати моеъ дар қитъаи борики лӯла назар ба қитъаи кушоди он зиёдтар аст, яъне:

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{S_2}{S_1}.$$

Афзоиши суръати ҳаракати моеъ ё газ ҳангоми аз қитъаи кушод ба қитъаи борики лӯла гузаштан нишонаи он аст, ки ба моеъ ё газ дар ин ҳангом қуввае таъсир мекунад, ки он танҳо аз фарқи фишор дар буришҳои гуногуни лӯла вобастагӣ дорад.

Қувваи номбурла ба фарқи қувваҳои фишор  $P_1 S_1$  ва  $P_2 S_2$  баробар буда, ба тарафи қитъаи борики лӯла самт мегирад. Дар ягон фосилаи  $\Delta t$  ин қувва кори  $A = P_1 S_1 \ell_1 - P_2 S_2 \ell_2$ -ро иҷро мекунад.

Мувофиқи қонуни бақои энергия кори мазкур ба тағйироти энергияи механикии моеъ ё газ баробар аст

$$A = \Delta E$$

Агар лӯла уфукӣ ҷой гирифта бошад, пас энергияи потенциалии массаи моеъ бетағйир монда, танҳо энергияи кинетикии он тағйир меёбад. Яъне

$$P_1 S_1 \ell_1 - P_2 S_2 \ell_2 = \frac{m g_2^2}{2} - \frac{m g_1^2}{2} \quad (1.7.1)$$

Дар расми 59 мебинем, ки ҳаҷми моеъ дар буришҳои лӯла якхела аст.

$$V = S_1 \ell_1 = S_2 \ell_2$$

(1.7.1)-ро ба  $V$  тақсим карда, ҳосил мекунем:

$$P_1 - P_2 = \rho \frac{g_2^2}{2} - \rho \frac{g_1^2}{2} \quad \text{ё ки} \quad P_1 + \rho \frac{g_1^2}{2} = \rho \frac{g_2^2}{2} + P_2$$

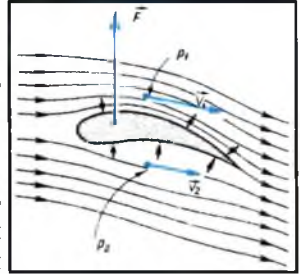
Модоме ки буришҳои  $S_1$  ва  $S_2$ -ро ихтиёрӣ интихоб кардем, пас барои ҳар гуна буриши лӯла формулаи зеринро навишта метавонем:

$$P + \rho \frac{g^2}{2} = const$$

Муодилаи охиринро соли 1738 академики петербургӣ Даниил Бернулли ҳосил намудааст, ки он дар сели ҷараёни моеъ ё газ тағйирёбии фишорро вобаста ба суръати ҷоришавӣ алоқаманд менамояд. Яъне, бо афзоиши суръати сели моеъ ё газ фишор кам мешавад.

## § 29. Қувваи болобурди болҳои тайёра

Муодилаи Бернуллиро барои шарҳи пайдоиши қувваи болобурди болҳои тайёра истифода бурдан мумкин аст. Ҳангоми ҳаракати тайёра ҷараёни ҳаво атрофи болҳо монанди расми 60 ҷорӣ мешавад. Яъне суръати ҷараёни ҳаво дар қисми болои бол  $g_1$  назар ба суръати ҷараён дар қисми поён  $g_2$  бештар аст. Мувофиқи формулаи (1.7.2) фишори ҳаво дар қисми болои бол  $P_1$  назар ба фишори қисми поёни он  $P_2$  кам мешавад. Маҳз ҳамин фарқи фишорҳо боиси пайдоиши қувваи болобурди болҳо мегардад, ки онро аз рӯи формулаи



Расми 60

$$F_g = (P_2 - P_1) S = \frac{1}{2} \rho (g_1^2 - g_2^2) S$$

ҳисоб кардан мумкин аст.

Пайдоиши қувваи болобурди болҳоро дар киштиҳо, ки дар баҳру дарёҳо шино мекунанд ва болҳои зеринӣ доранд, истифода мебаранд. Бадаанаи чунин киштиҳо тавассути пояҳои шоро ба болҳои зеринӣ таъия мекунанд. Ҳангоми ҳаракати болҳо дар зери об мисли болҳои тайёра қувваи болобурд пайдо шуда, киштиро боло мебардорад.

Дар ин маврид муқовимат ба пешравии кишти нисбатан кам мешавад. Дар натиҷа кишти бо ҳамон тавоноии пештара назар ба киштиҳои муқаррарӣ ба суръати баландтар (то 70 км/с) соҳиб мешавад.

### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Барои чӣ суръати ҷоришавии об дар қитъаи борики лӯла назар ба қитъаи васеътари он зиёд аст?
2. Фишори моеъ аз суръати ҷоришавӣ чӣ гуна вобастагӣ дорад?
3. Муодилаи Бернуллиро нависед ва онро барои ҳаракати моеъ дар лӯлаи уфуқӣ ҷойгиршуда шарҳ диҳед.
4. Пайдоиши қувваи болобурди болҳоро дар киштиҳо, ки болҳои зеринӣ доранд, шарҳ диҳед.
5. Барои чӣ тайёраҳо ҳамеша ба муқобили самти боди вазидистода мепарранд ва фуруд меоянд?



## **Машки 16** (барои ҳалли муस्ताқилона).

1. Заврақ нисбат ба соҳил тахти кунчи рост ҳаракат мекунад. Суръати он нисбат ба об ба 2 м/с баробар аст. Агар бари дарё 80 м, суръати чоришавии об 1 м/с бошад, вақти ҳаракати заврқро то соҳили муқобил муайян кунед.

2. Ронанадаи автомобил ҳангоми 72 км/ст будани суръат моторро хомӯш ва тормозро яқбора пахш кард. Агар коэффисиенти соиш  $k=0.6$  бошад, автомобил то чои ист чӣ қадар вақт ҳаракат мекунад?

3. Вазни автомобили массааш 2000 кг ва суръаташ 60 км/ст дар нуқтаи баланктарини кӯпуки радиуси қачиаш 100 м чӣ қадар кам мешавад?

4. Тире, ки бо суръати 600 м/с ҳаракат мекунад ба тахтаи гафсиаш 0,1м бархӯрда, аз он бо суръати 400 м/с мебарояд. Модули шитоби ҳаракати тирро андаруни тахта ҳисоб кунед.

5. Поезди дарозиаш 250 м бо суръати 54 км/ст ҳаракат мекунад. Вай кӯпуки дарозиаш 0,5 км-ро дар чӣ қадар вақт мегузарад?

6. Одами массааш 60 кг дар чархофалаки уфукӣ чархзананда савор аст. Қувваи чандириеро муайян кунед, ки ба одам ҳангоми бо суръати 10 м/с аз рӯи давраи радиусаш 12 м чархзананда таъсир мекунад.

7. Велосипедрони массааш 80 кг бо суръати 10 м/с аз болои кӯпуки фуруҳамидаи радиусаш 20 м ҳаракат мекунад. Қувваи чандириеро, ки ба велосипедрон дар нуқтаи пасттарини кӯпрук таъсир мекунад, ёбед.

8. Санге, ки бо суръати 14 м/с тахти кунчи  $60^\circ$  нисбат ба уфук партофта мешавад, баъди чӣ қадар вақт ба Замин меафтад?

9. Суръати якуми кайҳониро барои сайёраи Зӯҳра муайян кунед. Агар массаи Зӯҳра  $4,87 \cdot 10^{24}$ кг, радиуси он  $6,05 \cdot 10^6$  м бошад?

10. Тепловози массааш 130 т бо суръати 2 м/с ба қатораи массааш 1170 т, ки қарор аст, наздик мешавад. Баъди якҷояшавӣ қатораю тепловоз бо кадом суръат ҳаракат мекунанд?

11. Вағони роҳи оҳан, ки массааш 15 т аст, дар қитъаи уфуқии роҳ бо суръати 1 м/с ҳаракат мекунад. Вағони дигар, ки 20 т масса дорад, аз қафо бо суръати 2 м/с ҳаракат карда, ба он мерасад. Суръати вагонҳо баъди якҷояшавӣ чӣ қадар мешавад?

12. Кори қувваи чандириро ҳангоми аз  $x=2$  см то  $x=6$  см тазйиқшавии пружинаи саҳтиаш 200 Н/м ҳисоб кунед.

13. Электровози қувваи кашишаш 250 кН поезди чӣ қадар масса доштаро мунтазам ҳаракат дода метавонад? Козффисиенти соиш 0,05.

14. Радифи маснӯи Замин дар баландии 3600 км аз рӯи мадори гирдхатта ҳаракат мекунад. Суръати радифро ёбед, агар радиуси Замин 6400 км, бошад.

15. Тайёраи «ИЛ-62» чор муҳаррик дорад, ки қувваи кашиши ҳар кадомаш 103 кН аст. Тавоноии тайёра ҳангоми бо суръати 864 км/ст ҳаракат кардани он чӣ қадар аст?

16. Кори қувваи соишро ҳангоми то истодан тормоззидии қатораи массааш 1200 т, ки бо суръати 72 км/ст ҳаракат мекунад, ёбед.

17. Ба ҷисми массааш 10 кг қувваи доимии 5 Н таъсир мекунад. Энергияи кинетикии ҷисмро баъди 2 сонияи оғози ҳаракати он муайян намоед.

18. Ресмони аз пулод сохташуда, ки  $5 \cdot 10^5$  Н/м саҳтӣ дорад, ба 2 мм қашида дароз карда шуд. Энергияи потенциалии тазйиқи чандири ресмонро ҳисоб кунед.

19. Нерӯгоҳи барқи Норақ тавоноии 2,7 млн. кВт дорад. Агар баландии сарбанди обанбори он 310 м бошад, пас дар тӯли як сол аз гидротурбинаи он чӣ қадар об бояд гузарад? Ҳисоб карда шавад, ки энергияи потенциалии об пурра ба энергияи барқ табдил мешавад?

20. Саққои пӯлодини радиусаш 2 см дар нӯги ресмон овезон аст. Қувваи тарангии ресмонро муайян кунед. Зичии саққо  $7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , шитоби афтиши озод  $g=9,8\text{м/с}^2$

21. Ду раққосаки математикӣ дар як вақт ба лаппидан оғоз намуданд. Дар ҳамон як муддати вақте, ки раққосаки якум 20 ларзиш кард, раққосаки дигар 10 маротиба лаппид. Нисбати дарозии раққосакхоро ёбед.

22. Дар уҷёнусхо дарозии мавҷ то 270 м, даври ларзишҳо то 13,5 с мерасад. Суръати паҳншавии лаппишхоро дар ин маврид ҳисоб кунед.

## Хулосаҳо аз қисми «Механика»

### 1.1. Кинематика

1. Ҳаракати ҷисм нисбат ба ҷисми сарҳисоб (кураи Замин, қатора, дарахт ва ғ.), ки ба системаи координата алоқаманд аст, муоина мешавад.

Мавқеи ҷисми дар ҳаракатбуда дар лаҳзаи дилхоҳи вақти  $t$  аз рӯи кӯчиши он  $\vec{S}(t)$  тавсиф дода мешавад. Ҳангоми ҳаракати ҷисм дар ҳамворӣ кӯчиш аз рӯи ду координатаи он  $x(t)$  ва  $y(t)$  муайян карда мешавад.

2. Ҳолати ҳаракати ҷисм бо суръати лаҳзавии он тавсиф меёбад.

$$\mathcal{V} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ ба шарте, ки } \Delta t \rightarrow 0 \text{ бошад.}$$

3. Шитоби ҳаракати ҷисм бо тағйирёбии суръати он дар воҳиди вақт тавсиф меёбад.

$$a = \frac{\Delta \mathcal{V}}{\Delta t} \text{ ба шарте, ки } \Delta t \rightarrow 0 \text{ бошад.}$$

4. Ҳангоми ҳаракати тағйирёбандаи собитшитоб суръат ва

$$\text{кӯчиши ҷисм аз рӯи формулаҳои } \vec{\mathcal{V}} = \vec{\mathcal{V}}_0 + \vec{a}t \text{ ва } \vec{S} = \vec{S}_0 + \vec{\mathcal{V}}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

ҳисоб карда мешаванд.

5. Шитоб дар ҳаракати гирдхаттаи ҷисм аз рӯи давраи

радиусаш  $R$  бо формулаи  $a = \frac{g^2}{R} = \omega^2 R$  ҳисоб карда мешавад, ки

дар ин маврид самти он ба маркази давра равона аст.

Қимати мутлақи суръат дар айни ҳол ба  $g = \omega R$  баробар мешавад.

### 1. (2-3) Асосҳои динамика

1. Қонунҳои Нютон мутобиқи ҳаракати ҷисмҳои мебошанд, ки андозаашон ба эътибор гирифта намешавад (нуқтаи материалӣ ҳисобида мешаванд). Онҳо ҳамчун асоси механика бевосита ҳангоми муоинаи ҳаракат нисбат ба системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ татбиқ мешаванд.

2. Қонуни якуми Нютон тасдиқ мекунад, системаҳои сарҳисоби инерсиалие вучуд доранд, ки нисбат ба онҳо ҷисмҳои аз якдигар дур воқеъбуда мунтазам ва ростхатта ҳаракат мекунад.

3. Мувофиқи қонуни дууми Нютон ҳосили зарби масса ба шитоб ба суммаи қувваҳои ба ҷисм гузашта баробар аст.

$$m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \vec{F}$$

4. Қонуни сеюми Нютон собит мекунад, ки қувваҳои таъсири байни яқдигарии ҷисмҳо аз ҷиҳати бузургӣ баробар, аз рӯи самташон муқобиланд.

5. Дар механика аслан се намуди қувваҳо: қувваҳои ҷозиба, чандирӣ ва соиш дучор меоянд.

6. Қувваи ҷозибаи байни ду ҷисми массаҳояшон  $M$  ва  $m$ , ки аз якдигар дар масофаи  $R$  воқеъанд, аз рӯи қонуни ҷозибаи

умумичаҳонӣ  $F = \gamma \frac{Mm}{R^2}$  муайян карда мешавад, ки дар ин ҷо

$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot m^2}{kg^2}$  - доимии ҷозиба мебошад. Қонуни мазкур

инчунин имконият медиҳад, ки шитоби афтиши озоди ҷисм

$g = \frac{\gamma M}{R^2} \approx 9,81 m/c^2$  барои наздикии сатҳи Замин муайян карда шавад.

( $M$ -массаи Замин;  $R$ -радиуси он).

Хусусияти асосии қувваи ҷозиба аз он иборат аст, ки ҷисми мушаххас ба ҳамаи ҷисмҳои дигар шитоби якхела мебахшад.

7. Қувваҳои чандирӣ ҳангоми тазйиқи ҷисмҳо пайдо мешаванд. Мувофиқи қонуни Хук ҳангоми ба бузургии  $\Delta l$  кашидашавӣ ё фишурдашавии ҷисмҳо (милла, пружина ва ғ.) қувваи чандирие пайдо мегардад, ки қимати мутлақи он ба  $F = k|\Delta l|$  баробар аст.

8. Қувваҳои соиш назар ба қувваҳои ҷозибаву чандирӣ бевосита аз суръати ҳаракати нисбии ҷисмҳо вобастаанд.

Қимати мутлақи ин қувва аз рӯи формулаи  $F = \mu N$  ҳисоб карда мешавад, ки дар ин ҷо  $\mu$  - зариби соиш ва  $N$  - қувваи реаксияи такягоҳ мебошанд.

#### 1.4. Статика

1. Шарти мувозинати ҷисмҳои мутлақ саҳт, яъне ҷисмҳое, ки тазйиқи онҳо хеле кам бу да, ба эътибор гирифта намешавад, бо усули статикӣ муоина мешавад.

2. Ҷисм ҳамон вақт дар ҳолати мувозинат буда метавонад, ки агар суммаи қувваҳои ба он гузошташуда

$$F_1 + F_2 + F_3 + \dots = 0$$

ва инчунин суммаи моменти қувваҳо

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$$

бошанд.

3. Ҳосили зарби қимати мутлақи қувваро ба китфи он моменти қувва меноманд.

#### 1.5. Лаппиш ва мавҷҳои механикӣ

Бо мурури вақт такрорёбии ҳаракати ҷисмро лаппиш меноманд. Фосилаи вақтеро, ки дар тӯли он як лаппиши пурра иҷро мешавад, даври лаппиш ( $T$ ) меноманд. Адади лаппишхоро дар воҳиди вақт басомади лаппишҳо меноманд.

$$\nu = \frac{1}{T}$$

2. Мавриди махсуси омӯзиши лаппишҳо лаппиши мавзун ҳисоб мешавад, ки аз рӯи қонуни синус ба амал меояд.

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0),$$

ки дар ин ҷо  $A$ -амплитудаи лаппиш,  $\omega t + \varphi_0$  -фазаи лаппиши мавзун ва  $\varphi_0$  фазаи ибтидоӣ мебошанд.

3. Даври лаппиши раққосаки математикӣ аз рӯи формулаи

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \text{ хисоб карда мешавад.}$$

4. Бо мурури вақт дар муҳит паҳншавии лаппишхоро мавҷ меноманд.

Масофаеро, ки лаппиш ҳангоми як даври пурра мепаймояд, дарозии мавҷ меноманд.

$$\lambda = vT$$

5. Ҳангоми мувофиқ омадани басомади лаппишҳои маҷбурӣ ва лаппишҳои хусусӣ (озод)-и система афзоиши якбораи амплитудайи лаппишҳои системаро **резонанси лаппишҳо** меноманд.

6. Ҳодисаи афзоиш ё камшавии амплитудайи мавҷи натиҷавиро ҳангоми якҷояшавии мавҷи даври лаппишпаён якхела интерференсия меноманд.

7. Ҳодисаи канорҳои монсиро давр зада гузаштани мавҷро дифраксияи мавҷ меноманд.

### 1.6. Қонунҳои бақо

1. Импулси ҷисми массааш  $m$ , ки суръати  $\vec{v}$  дорад, ба  $\vec{P} = m\vec{v}$  баробар аст.

Импулси система ба суммаи геометрии импулсҳои ҷисмҳои системаро ташкилдиханда баробар аст.

2. Агар суммаи қувваҳои ба система таъсиркунанда ба сифр баробар бошад, пас импулси система бетағйир мемонад.

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots = const$$

Қонуни бақои импулс барои тадқиқи ҳаракати реактивӣ мақоми муҳим дорад.

3. Таъсири қувва ба ҷисми ҳаракатнок бо қори механикӣ тавсиф дода мешавад. Қувваи доимии  $\vec{F}$  ҳангоми кӯчиши ростхаттаи ҷисм қори  $A = F \cdot |\Delta \ell| \cdot \cos \alpha$  - ро иҷро мекунад.

4. Бузургии қори дар воҳиди вақт иҷрошударо тавоноӣ меноманд:

$$N = \frac{A}{\Delta t}$$

5. Тағйирёбии энергияи кинетикӣ ба қори умумии қувваҳои ба ҷисм гузашташуда баробар аст:

$$A = \Delta K = \frac{m g_2^2}{2} - \frac{m g_1^2}{2}$$

6. Энергияи потенциалии чисме, ки аз сатҳи Замин дар ягон баландӣ воқеъ аст, аз рӯи формулаи

$$P = mgh$$

муайян карда мешавад.

Энергияи потенциалии чисм ҳангоми деформатсияи чандирӣ ба

$$P = \frac{k(\Delta \ell)^2}{2} \text{ баробар аст.}$$

7. Дар системаи сарбаст энергияи механикии пурра бетағйир (доимӣ) мемонад.

$$E = K + P = const$$

Энергияи механикӣ ҳолати системаро ифода мекунад, энергияи кинетикӣ аз суръати чисмҳо ва энергияи потенциалӣ аз мавқеи ҷойгиршавии онҳо ё зарраҳои ҳуди ҳамон як чисм вобастагӣ доранд.

## 1.7. Гидростатика ва гидродинамика

1. Чисмҳо аз рӯи хосиятҳои механикиашон ба чисмҳои сахт, моеъҳо ва газҳо ҷудо карда мешаванд. Чисмҳои сахт ҳаҷм ва шакли худро нигоҳ медоранд. Дар онҳо ҳангоми таъйиқшавӣ қувваҳои чандирӣ пайдо мешаванд. Моеъҳо бошанд, ҳаҷмро нигоҳ дошта, шаклашонро тағйир медиҳанд. Ҳангоми тағйирёбии мавқеи қабатҳои онҳо қувваҳои чандирӣ ба вуҷуд намеоянд. Газҳо ҳар гуна зарфро пур карда, ҳам ҳаҷм ва ҳам шакли худро дигар мекунанд.

2. Мувофиқи қонуни Бернулли ҳангоми ҳаракати моеъ (ё газ) фишор дар ҷойҳои зиёд аст, ки он ҷо суръати моеъ кам бошад. Ин қонун бисёр ҳодисаҳоро, аз ҷумла пайдоиши қувваи болобурди тайёро шарҳ медиҳад.

## ҚИСМИ II. ФИЗИКАИ МОЛЕКУЛАВӢ

### 2.1. АСОСҲОИ НАЗАРИЯИ МОЛЕКУЛАВӢ-КИНЕТИКӢ

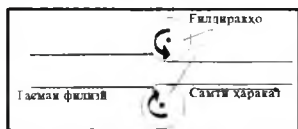
#### §30. Нуктаҳои асосии назарияи молекулавӣ-кинетикӣ

Ҳангоми омӯзиши физика дар синфи 7 ва химия дар синфи 8 Шумо оид ба атому молекулаҳо, ҳаракати онҳо баъзе тасаввурот пайдо кардед. Мухтасар онҳоро тақрор мекунем.

Чисмҳое, ки ҳар рӯз бо онҳо дар зиндагӣ, истехсолот сару кор дорем, ба назари мо ҳамвору яклухт ва бефосила менамоянд. Дар баробари ин бисёр ҳодисаҳои табиат аз он гувоҳӣ медиҳанд, ки ин тасаввурот чандон саҳеҳ нест. Чунончи ба ҳама маълум аст, ки чисмҳо ҳангоми гармшавӣ ғудохта ва буг мешаванд. Бугшавии на танҳо моеъҳо, балки чисмҳои сахт низ мушоҳида мешавад (бугшавии нафталин, порчаҳои саҳти йод, ях ва дигарҳоро ба ёд оред). Агар модда сағҳи яклухт мебошад, ин ҳодисаҳоро фаҳмидан ва шарҳ додан ғайриимкон менамояд. Айнан ҳаминро барои далелҳои ба ҳама маълуми тағйирёбии ҳаҷми чисмҳо бо таъсири беруна, гармшавӣ ва хунуқшавӣ низ гуфтан мумкин аст.

Аз тарафи дигар, агар фарз намоем, ки чисмҳо танҳо дар назар яклухт менамоянд (дар асл онҳо аз заррачаҳои хурди модда-молекулаҳо, ки аз якдигар дар масофаи начандон бузург воқеъбуда таркиб ёфтаанд), ин ҳодисаҳоро низ бе душворӣ шарҳ додан мумкин аст. Андозаи фосилаҳои байни молекулаҳо бо таъсири беруна, дигаргуншавии ҳарорат ё сабабҳои дигар тағйир меёбад. Бугшавӣ дар натиҷаи ҷудошавӣ (ҷаҳиш)-и молекулаҳо аз моеъ ё чисми сахт, вале тағйир ҳаҷми чисм бо тағйирёбии андозаи фосилаҳои байни ҳиссаҳои он шарҳ дода мешавад. Бешак, фосилаҳои байни молекулаҳо дар модда аз ковоқиҳои муқаррарӣ, ки дар ҷӯб, хишт, коғаз ва ғайра мавҷуданд, фарқ доранд.

Шумо метавонед оид ба мавҷудияти фосилаҳо дар байни молекулаҳо дар истехсолот бо фактҳои шавқовару боварибахш дучор оед.



Расми 61

Дар саноати филизӣ барои аз филизот ва ҳулаҳои онҳо тағйир кардани тунука, ки он аз байни навардҳои ҷарҳзананда мегузарад (расми 61), фишори навард ба филизот то  $15 \cdot 10^8$  Па мерасад. Чунон фишори баланд боиси хурд гаштани фосилаҳои байни молекулаҳо гашта, филизотро мустаҳкам ва сифатнок месозад.

Ҳангоми таҳқиқи танаи (лифофа) киштиҳои кайҳонӣ муқаррар гашт, ки газ метавонад аз қабати ғафси филизот гузарад. Аз ин сабаб филизи аз он тана сохташавандаро пешакӣ ба варақаҳо ҷудо карда, мекубанд.

Нуктаҳои асосии назарияи молекулавӣ-кинетикӣ сохти моддаҳо чунианд:

**1. Ҳар гуна модда аз молекулаҳо ё атомҳои дар ҳаракати бетағриб (бетағрибона) буда иборат аст.**

**2. Дар байни онҳо қувваҳои молекулавӣ таъсир мекунад.**

Молекула ва атомҳо чунон хурданд, ки онҳоро бо чашми оддӣ ё ҳатто бо микроскоп фарқ кардан номумкин аст. Танҳо соли 1974 тавассути микроскопи электронӣ сурати атом ва молекулаҳои алоҳида ҳосил карда шуд, ки мавҷудияти ҳуди онҳоро исбот намуд. Пас, то ин дам қадом далелҳо мавҷудияти ин ҳиссаҷаҳоро тасдиқ карда метавонистанд?

Ғап дар сари он аст, ки мавҷудияти молекулаю атомҳо ҳангоми ҳаракати онҳо ошкор мегардад ва таъсири байниҷадигарии онҳо дар шароитҳои муайян ба назар мерасад. Аз ин сабаб чандин мушоҳида ва таҷрибаҷоро гузаронидан мумкин аст, ки нуктаҳои асосии назарияи молекулавӣ-кинетикӣ сохти модда-дискретӣ (фосиланокӣ) ва «ҳаракатнокӣ доимӣ»-и онҳоро бевосита тасдиқ намоянд. Дар ин амал гузаронидани таҷрибаҳо оид ба падидаи **даррафт (диффузия)** ва **ҳаракати броунӣ** дар мадди аввал меистанд.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Шумо аз ҳаёти ҳаррӯзаатон қадом мушоҳидаҷоро номбар карда метавонед, ки аз мавҷудияти фосилаҳои байни молекулавӣ гувоҳӣ диҳанд?

2. Нуктаҳои асосии назарияи молекулавӣ-кинетикӣ сохти модда аз чӣ иборатанд?

3. Далелҳои бигерд, ки молекулаҳо доим дар ҳаракати бетағрибона иборатанд?

## **§ 31. Асоси таҷрибавии назарияи молекулавӣ – кинетикӣ. Ҳаракати броунӣ**

**Даррафти (диффузия) моддаҳо.** Бо ин ҳодиса Шумо аз синфи 7 шинос ҳастед, аз ин рӯ ҳоло баъзе таҷрибаҷоро ба хотир оварда, моҳияти онҳоро аниқу пурратар хоҳем кард.

**Ҳодисаеро даррафт меноманд, ки ҳангоми чоришавии он моддаҳо худ бо худ омехта мешаванд.** Мисоли оддии даррафт дар газҳо яқбора паҳншавии бӯй дар ҳаво аст. Бӯи хуши атри рехташуда баъди чанд дақиқа дар тамоми хона ба машом мерасад. Даррафти газҷоро мумкин аст инчунин дар таҷриба бо бугҳои бром бубинем. Ба устувонаи (силлиндр) шишагин, ки қариб 50 см баландӣ дорад, чанд чакраи бромро мерезанд ва ҳамзамон устувонаро бо лавҳаи шишагин мепӯшонанд (барои он ки буги нафасгири бром паҳн нашавад). Бром яқбора ба бугшавӣ шурӯъ мекунад ва ба боло ҳаракат карда, бо ҳаво омехта



мешавад, ки сурхранг аст. Дикқат диҳед, ки дар айни ҳол омехташавии газҳо на аз ҳисоби қувваи вазнинӣ ба вучуд меояд, чунки буги бром назар ба ҳаво хеле зичтар аст ва дар қабати ҳаво ҳосил мешавад. Табиист, ки ин ҳодиса дар асоси назарияи молекулавӣ-кинетикӣ шарҳ дода мешавад: молекулаҳои бром ҳаво бетартибона ҳаракат карда, ба якдигар бармехӯранд, дар фосилаҳои байни молекулавӣ меафтанд, ки ин ба омехташавии газҳо оварда мерасонад ва охишта-охишта омехтаи якҷинсаи газҳо ба вучуд меояд.

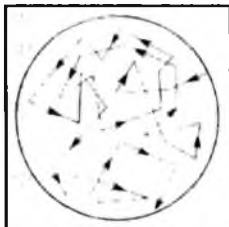
Даррафт дар моеъҳо нисбатан ботадрич ба вучуд меояд. Ба устувоноии шишагин қариб то нисфаш маҳлули даҳани фаранг ( $\text{CuSO}_4$ ) меандозем ва баъд ба он охишта оби тоза мерезем. Дар аввали таҷриба худуди ҷудошавии маҳлули даҳани фарангу об баръало дида мешавад. Бо мурури замон ҳудуд нобуд мешавад, ранги осмонӣ ба боло ҳаракат мекунад ва баъди чанд рӯз ҳар ду моеъ пурра омехта шуда, маҳлули якҷинсаи рангаш осмонии баланд ҳосил мешавад. Суръати даррафт баланд набуда, он аз ҳарорати моеъ вобаста аст. Устувноро бо маҳлулаш каме гарм карда, ба ин боварӣ ҳосил кардан мумкин аст. Азбаски даррафт аз рӯи ҳаракати ҳароратии молекулаҳо шарҳ дода мешавад, бинобар ин сабаби афзоиши суръати ҳиссачаҳо бо баландшавии ҳарорат алоқаманд доништа мешавад.

Молекулаҳои ҷисмҳои саҳт низ дар ҳароратҳои муқаррарӣ омехта мешаванд. Чунин таҷриба гузаронида шуда буд. Ба рӯи лавҳаи тиллоӣ устувоноии сурбиро, ки аз оксидҳо хеле хуб тоза карда шуда буд, дар ҳарорати мӯътадил ба мӯҳлати чанд сол болои ҳам гузоштанд. Маълум гашт, ки баъди 4 сол устувоноии сурбӣ ва лавҳаи тиллогин часпидаанд ва таҳлили химиявӣ нишон дод, ки тиллою сурб ба 5 мм гузашта, ба ҳам якҷоя шудаанд. Дар айни ҳол саволе пайдо мешавад, ки агар зарраҳои ҷисми саҳт танҳо дар атрофи ҳолати мувозинатии хеш лаппиш хӯранд, пас ҳодисаи даррафт дар онҳо чӣ тавр шарҳ дода мешавад. Дар ин маврид ба эътибор гирифта мешавад, ки заррачаҳои ҷисми саҳт баъзан ҷои худро тарк карда, ба ҷои дигар мегузаранд. Ана ҳамин молекула ё атомҳои «саёҳаткунанда» сабабгори дар ҷисмҳои саҳт ба амал омадани даррафт мешаванд.

**Ҳаракати броунӣ.** Яке аз далелҳои эътимодноки мавҷудияти молекулаҳо ва ҳаракати бенизоми ҳароратии онҳо ҳаракати броунӣ мебошад ва ба шарафи ботаники англис Р. Броун, ки онро соли 1827 мушоҳида карда буд, гузошта шудааст. Р. Броун қатраи обро таҳти микроскоп мушоҳида карда, дар он ба ҳаракати бетартибонаи ҳиссачаҳои шинокунандаи гарди гули растаниҳо диққат дод. Ҳиссачаҳо ҳамеша ҳаракати бетартибона мекарданд.

Ин ҳодисаро худи Шумо низ метавонед мушоҳида намоед. Барои ин қатраи маҳлули обу ранг (ё шир)-ро гирифта, онро болои шишаи назди микроскоп, ки калонкуниаш 500-600 карата аст, гузоред. Моеи ба назар яқлӯхт ва якҷинса дар зери микроскоп тамоман дигар ҳел менамояд. Пораҳои шаклҳои нодурустдошта, ки андозаҳои ҳархела

доранд. дар моеи беранг шино мекунад. Албатта, онҳо молекула набуда. пораҳои аз якдигар чудое мебошанд, ки аз онҳо ранг тайёр шудааст. Яке аз пораҳоро зер нозрат гирифта, мебинем, ки вай бо мурури замон бетартиб (гоҳ ба як тараф, гоҳ ба тарафи дигар) ҳаракат мекунад.



Расми 62

Агар мавқеи ҳамин ҳиссаҷаро баъди фосилаҳои муайяни вақт (масалан, баъди ҳар 30 с) ба қайд гирифта, нуктаҳо гузорем ва онҳоро пайи ҳам пайваस्त кунем, нас хати шикастаи чигилшудаеро (расми 62) ҳосил мекунем, ки аз ҳаракати бетартибонаи ҳиссаҷа шаҳодат медиҳад, вале ҳуди масири ҳаракати ҳиссаҷа дар асл хеле мураккаб аст.

Хусусияти аҷиби ин ҳодиса дар ҳамаи мавридҳо қатъ нагаштани ҳаракат аст. Яъне, бо вучуди истисноӣ таъсири беруни (масалан, гармкунии ё паст кардани ҳарорат) ҳаракати бетартибонаи молекулаҳоро мушоҳида намудан мумкин аст. Аз ин мебарояд, ки сабаби ҳаракати бетартибонаи ҳиссаҷаҳои броуниро дар ҳуди моеъ чустан лозим аст.



#### Саволҳои санҷишӣ

1. Сохти молекулии модда бо кадом далелҳо асоснок карда мешавад?
2. Моҳияти ҳодисаи даррафтро шарҳ диҳед.
3. Дар газҳо, моеъҳо ва ҷисмҳои сахт даррафтро чӣ тавр мушоҳида кардан мумкин аст?
4. Барои чӣ бо баландшавии ҳарорат суръати даррафти моддаҳо меафзояд?
5. Ҳаракати броуни чист?
6. Барои чӣ ҳаракати броуниро бо ҳиссаҷаҳои нисбатан калони моддаҳо мушоҳида кардан ба мақсад мувофиқ нест?

## § 32. Андоза ва массаи молекулаҳо. Микдори модда. Адади Авогадро

Шумо оид ба андоза ва массаи молекулаҳо аз физикаи синфи 7 ва химияи синфи 8 тасаввуроти ибтидоӣ доред. Ба андозаи молекулаҳо аз рӯи таҷрибаҳои гузаронидаи физикҳои олмонӣ В. Рентген ва англис Д. Рэлей низ баҳо додан мумкин аст.

Агар ба сатҳи оби тоза қатраи равшанро ҷақонем, пардаи тунук ҳосил мешавад, ки гафсии он қариб ба андозаи (гафсии) молекула баробар аст, бинобар ин гафсии ҳудудии чунин пардаро ҳамчун қутри молекула қабул кардан мумкин аст. Масоҳати пардаи бавучудомадаро ҳисоб карда, гафсии онро (қутри молекула) муайян мекунем. Натиҷаҳои яке аз таҷрибаҳо чунин буд: ҳаҷми қатраи равшан  $3,6 \cdot 10^{-5} \text{ см}^3$ , масоҳати сатҳи парда  $90 \text{ см}^2$ . Ҳамин тавр гафсии парда

$$d = \frac{3,6 \cdot 10^{-5} \text{ см}^3}{90 \text{ см}^2} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ см} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

хосил мешавад.

Дар замони ҳозира усулҳои гуногуни чен кардани андозаи молекула ва атомҳо мавҷуданд, ки натиҷаҳои онҳо барои молекулаҳои ҳар як модда тақрибан якхела мебошад. Масалан, андозаҳои ҳаттии молекулаҳои оксиген тақрибан  $3 \cdot 10^{-10}$  м, об қариб  $2,6 \cdot 10^{-10}$  м, аксари моддаҳои дигар низ тартиби  $10^{-10}$  м -ро ташкил медиҳанд. Аммо молекулаҳои як қатор моддаҳои узвӣ (органикӣ), ки аз ҳазорҳо атомҳо иборатанд, ба андозаҳои молиқанд, ки нисбат ба андозаи молекулаҳои ду ва ё сеатома чандин маротиба зиёданд.

Молекула ва атомҳо чунон хурданд, ки онҳоро танҳо дар муқоиса бо ҷисмҳои дигар тасаввур кардан мумкин аст. Барои муқоиса ду мисол меорем. Атоми оҳан аз чормағз чанд маротиба хурд бошад, худ чормағз аз Моҳ ҳамон қадар хурдтар аст. Агар молекулаи обро то ба андозаи нуғи сӯзан қалон кунем, пас худ нуғи сӯзан дар ин сурат назар ба андозаи кӯҳи баландтарини Замин - Қомолунгма хеле қалонтар мешуд.

Массаи молекулаю атомҳо бо вучуди андозаҳои хурд дошташон, хеле саҳеҳ чен карда шудаанд. Онҳо бо ададҳои хеле душд ифода меёбанд. Масалан, массаи молекулаи оксиген ба  $53,5 \cdot 10^{-27}$  кг, гидроген ба  $3,34 \cdot 10^{-27}$  кг баробар аст. Ин ададҳо дар хотир нигоҳ доштани онҳо ҳисобу китоб гузаронидан низ қори душвор аст. Аз ин рӯ, тавре ки Шумо аз курси химияи синфи 8 медонед, ба сифати воҳиди ченкунии массаҳои атому молекулаҳо, воҳиди атомии масса (в.а.м.) қабул шудааст. Воҳиди атомии массаро чунин интиҳоб кардаанд, ки массаи маъмултарин изотопи<sup>1</sup> карбон назар ба он расо 12 маротиба зиёд бошад. Ба таври дигар гуём, воҳиди атомии масса ба 1/12 ҷиссаи изотопи бештар пахншудаи карбон баробар аст.

**Массаи атомиро, ки бо воҳиди атомии масса ифода ёфтааст, массаи нисбии атомӣ  $M_{\text{н}}$  меноманд.**

**Нисбати массаи атомӣ  $m_0$  и модда ба 1/12 ҷиссаи массаи атомии карбонро массаи нисбии атомии модда меноманд:**

$$M_{\text{н}} = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_c}$$

Яъне вай нишон медиҳад, ки массаи атомии элементи додшуда  $m_0$  аз 1/12 ҷиссаи массаи атомии карбон  $m_c$  чанд маротиба зиёд аст.

<sup>1</sup>Изотоп- аз калимаҳои юнонии изо «якхела» ва тонос «ҷой» таркиб ёфта, атомҳои химиявиеро ифода мекунад, ки дар онҳо шумораи якхелаи протонҳо ва адади гуногуни нейтронҳо мавҷуданд.

Фаҳмост, ки воҳиди массаи атомии карбон ба 12 баробар аст (одатан массаҳои атомӣ бо таъкиди "воҳидҳои атомии масса" дода мешаванд). Массаи нисбии атомии магний ба 24 баробар аст. Ин нишон медиҳад, ки массаи атомии магний аз 1/12 ҳиссаи массаи атомии карбон 24 маротиба калон аст. Массаи атомии гидроген қариб 12 маротиба аз массаи атомии карбон хурд аст, яъне массаи нисбии атомии гидроген ба 1 наздик аст.

Массаҳои атомии элементҳо дар системаи даврии элементҳои химиявии Д.И. Менделеев нишон дода шудаанд, вале ҳангоми ҳисобкуниҳои амалӣ массаҳои нисбии атомии элементҳоро то адади бутуни наздиктарин яклухт мекунанд. Агар модда аз молекулаҳо таркиб ёфта бошад, пас массаи нисбии молекулавии он  $M_n$  ба суммаи массаҳои нисбии атомии атомҳои баробар аст, ки онҳо ин молекуларо ташкил медиҳанд. Масалан, массаи нисбии молекулаи нитроген  $N_2$  ба 28 баробар аст, зеро молекулаи нитроген аз ду атом ( $14+14=28$ ) таркиб ёфтааст. Массаи нисбии молекулавии гази карбонат  $CO_2$  ба 44 баробар аст, зеро молекулаи он аз як атоми карбон ва ду атоми оксиген ( $12+16+16=44$ ) таркиб ёфтааст ва ғ.

Ба таври таҷрибавӣ муайян шудааст, ки воҳиди атомии масса ба  $1,66 \cdot 10^{-27}$  кг баробар аст. Азбаски дар ҷадвали Д.И. Менделеев массаҳои нисбии атомӣ нишон дода шудаанд, пас массаи ҳар гуна атом ё молекуларо ба осонӣ ҳисоб кардан мумкин аст. Масалан, массаи молекулаи гази карбонат ба  $m_{CO_2} = 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг  $44 = 73,04 \cdot 10^{-27}$  кг, массаи молекулаи об  $m_{H_2O} = 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг  $18 = 29,88 \cdot 10^{-27}$  кг баробар аст.

Массаи молекулаи ҳаргуна моддаро аз руи формулаи

$$m_0 = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг } M_n$$

ҳисоб мекунанд, ки ин ҷо  $m_0$  - массаи молекула (бо кг),  $M_n$  - массаи нисбии молекулавии ин модда мебошанд.

Андоза ва массаҳои молекулаҳо хеле хурданд, аз ин сабаб шумораи онҳо дар ҳар гуна ҷисми макроскопӣ хеле бузург аст. Барои мисол молекулаҳои як чакра оби массааш 1г-ро ҳисоб мекунем. Барои ин массаи чакра  $m$ -ро бояд ба массаи як молекула  $m_0$  тақсим намоем:

$$n = \frac{m}{m_0}$$

Азбаски массаи молекулаи моддаи ихтиёрӣ ба  $m_0 = 1,6 \cdot 10^{-27}$  кг.  $M_n$  баробар аст, пас

$$n = \frac{10^{-3} \text{ кг}}{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 18} = 3,3 \cdot 10^{22}$$

мешавад. Ин адади хеле бузург аст, зеро аз шумораи истаконҳои оби уқёнусҳо зиёд аст. Аз ин сабаб ҳангоми ҳисобҳо қабул шудааст, ки на шумораи мутлақӣ атом ё молекулаҳои ҷисм, балки шумораи молекула

ё атомҳои ҳисмро бо шумораи атомҳои 0,012кг карбон нисбат диҳанд. Шумораи нисбии атом ё молекулаҳои ҳисмро **микдори модда** меноманд. Шумо аз химияи синфи 9 медонед, ки нисбати адади молекулаҳои ҳисм  $N$  бар шумораи  $N_A$  атомҳои дар 0,012кг карбон буда **микдори модда** номида мешавад.

$$v = \frac{N}{N_A}$$

Микдори моддаро бо **молҳо** чен мекунанд. Микдори моддаеро 1 мол меноманд, ки шумораи молекулаҳои он ба шумораи атомҳои 0.012 кг карбон баробар аст. Масалан, 2 г гидроген, 32 г оксиген 1 моли ҳар кадоме аз ин моддаҳоро ташкил медиҳанд. Ғайри мол инчунин киломол ( $1\text{кмол}=10^3$  мол) қобили истифода аст.

Массаи 1 моли моддаро **массаи молярӣ** меноманд ва онро бо  $M$  ифода мекунанд. Аз мисоли дар боло овардаамон чунин бармеояд, ки қимати ададии массаи молярии модда, ки бо граммҳо ифода ёфтааст, ба массаи нисбии молекулии ҳамон модда баробар аст. Агар массаи моляриро бо килограммҳо ифода кунем, пас қимати ададии массаи молярӣ 1000 маротиба  $10^{-3}M$  хурд мешавад:  $M=10^{-3}M_n$ . Масалан, массаи молярии гидроген ба  $2 \cdot 10^{-3}$  кг/мол, нитроген  $28 \cdot 10^{-3}$  кг/мол, гази карбонат  $44 \cdot 10^{-3}$  кг/мол баробар аст.

Ба сифати мисол массаи молярии қандро ҳисоб мекунем, ки формулааш  $C_{12}H_{22}O_{11}$  аст.

Аз рӯи ҷадвали Д.И. Менделеев массаҳои нисбии атомии карбон (12), гидроген (1) ва оксиген (16)-ро гирифта, массаи нисбии молекулавии қандро муайян мекунем:

$$M_n = 12 \cdot 12 + 1 \cdot 22 + 16 \cdot 11 = 342$$

Пас, массаи молярии қанд ба  $M = 10^{-3} \cdot 342$  кг/мол = 0,342 кг/мол баробар мешавад.

Аз химияи синфи 9 медонед, ки шумораи молекула ё атомҳо дар моли ҳар гуна модда якхела буда ба  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  мол<sup>-1</sup> баробар аст. Ин ададро ба шарафи олими италиявӣ (асри XIX) Амедео Авогадро **доимии Авогадро** меноманд.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Массаи нисбии атомии моддаро шарҳ диҳед. Массаи нисбии атомии карбон чӣ қадар аст?
2. Массаи нисбии молекулавии моддаро чӣ тавр муайян кардан мумкин аст?
3. Агар массаи нисбии молекулавӣ маълум бошад, пас массаи молекулаи ҳамин модда чӣ тавр муайян карда мешавад?
4. Микдори модда чист ва онро бо кадом воҳидҳо чен мекунанд?
5. Агар адади заррачаҳои модда маълум бошад, пас адади молҳои онро чӣ тавр меёбанд?
6. Массаи молярии моддаро чӣ тавр муайян мекунанд?



### Машки 17

1. Аз системаи даврии Д.И. Менделеев истифода бурда, массаи нисбии молекулавии оксиген  $O_2$ , метан  $CH_4$ , гидросулфид  $H_2S$ -ро муайян кунед.
2. Массаи молекулаи оксиген, метан ва гидросулфидро муайян кунед.
3. Агар ҳаво аз оксиген (22%) ва нитроген (78%) иборат бошад, ҳавои массааш 1 кг чӣ қадар молекула дорад? Молекулаи ин газҳо дуатомаанд.
4. 45 г обро бо молҳо ифода намоед.
5. Массаи молярии оксиген, метан ва гидросулфидро ҳисоб кунед.

## § 33. Газҳои идеалӣ

Аз фанни химия медонед, ки байни молекулаҳои модда қувваҳои ҷозоба ва таладихӣ таъсир карда, сабаби мураккабии сохти онҳо мешавад. Бинобар ин ҳангоми омӯзиши моддаҳо андозаҳои заррачаҳо ва қувваҳои таъсири мутақобили онҳо бояд ба ҳисоб гирифта шаванд. Азбаски дар газҳо андозаи ҳуди молекулаҳо назар ба масофаҳои байни онҳо хеле хурданд ва қувваҳои таъсири мутақобили онҳо хеле кам аст, ҳаҷми молекулаҳо ва қувваҳои таъсири мутақобили онҳоро ба эътибор наменгиранд. Гайр аз ин фарз карда мешавад, ки гуё ҳангоми байни худ ва бо деворҳои зарф бархӯрӣ молекулаҳо энергия сарф намекунанд. Ҳамин тариқ, ҳар як молекулаи газ бештар озод ҳаракат мекунад ва гоҳ-гоҳ бо молекулаҳои дигар ё ба деворҳои зарф бармеҳӯрад. Бо чунин фарзияҳо омӯзиши газҳои реалӣ (ҳақиқӣ)-ро ба омӯзиши модели ба онҳо наздик, ки **гази идеалӣ** ном гирифтааст, иваз менамоянд. **Гази идеалӣ** чунин газест, ки он аз маҷмӯи молекулаҳо-саққочаҳои чандири озод ва бетартиб ҳаракаткунанда иборат буда, онҳо танҳо ҳангоми бархӯрӣ байни якдигар таъсир мекунанд. Чунин модели соддакардашуда имконият медиҳад, ки хосиятҳои асосии газҳо шарҳ ва баъзе қонуниятҳои рафтори онҳо муқаррар карда шаванд. Дар муҳокимаҳои минбаъда мо фақат гази идеалиро дар назар дорем.

Фаҳмоист, ки дар табиат гази идеалӣ вучуд надорад. Молекулаҳои газҳои реалӣ андозаҳои муайян доранд ва байни худ таъсир мекунанд, ки ин таъсирот бо афзоиши масофаи байни заррачаҳо кам мешавад. Аз тарафи дигар бо камшавии зичии газ ҳаҷми хоси молекулаҳо нисбат ба ҳаҷме, ки онро ҳуди газ ишғол мекард, кам мешавад ва масофаи миёнаи байни заррачаҳо ба дараҷае меафзояд, ки қувваҳои таъсири мутақобили онҳоро ба эътибор нагирифтани мумкин аст. Хосиятҳои чунин газ ба хосиятҳои гази идеалӣ наздик аст.

Интиҳоби модели гази идеалӣ имконият медиҳад, ки аз омӯзиши хусусиятҳои газҳои алоҳида сарфи назар карда, қонуниятҳои умумию дар амал истифодашавандаи газҳоро муқаррар намоем.



### Саволҳои санҷишӣ

1. Қадом хосиятҳои гази идеалиро медонед?
2. Зарурияти дохил кардани мафҳуми гази идеалиро фаҳмонед.
3. Фарқи байни газ, моеъ ва ҷисми сахт дар чист?

### § 34. Температура ва ченкунии он. Мувозинати ҳароратӣ

Ҳангоми омӯзиши параграфҳои гузашта борҳо оид ба вобастагии ҳодисоти гуногуни физикӣ ва температура сухан ронда, дар назар доштем, ки Шумо бо ин мафҳум аллакай шинос ҳастед.

Моҳияти температураро дар асоси чунин муҳокимарониҳо фаҳмидан мумкин аст. Аз таҷрибаи ҳаррӯза медонем, ки байни ду ҷисми ҳарҳела гармкардашуда ҳангоми расиш (тамоси ҳароратӣ) мубодилаи энергия ба амал меояд. Агар яке аз онҳо ба дуҷумъ энергия бахшад, пас ҳисоб мекунанд, ки ҷисми яқум назар ба дуҷумъ ҳарорати бештар дорад. Агар байни онҳо мубодилаи энергия ба амал наояд, пас онҳо температураро яқхела доранд ва дар ҳолати мувозинати термодинамикӣ мебошанд.

Барои ченкунии ҳарорат зарур аст, ки байни ду ҷисми дар тамосбуда мувозинати ҳароратӣ барқарор шавад. Агар масалан, ҷисмҳои А ва В бо ҷисми С дар мувозинати ҳароратӣ бошанд, пас ҳудди ин ҷисмҳо (А ва В) низ байни худ дар мувозинати ҳароратӣ мебошанд.

Ҷисмҳои А ва В-и бо ҷисми С дар мувозинати ҳароратӣ бударо дорои ҳароратҳои яқхела ҳисоб мекунанд ва ҷисми С-ро ҳароратсанҷ (термометр) меноманд. Пас, термометр асбоб ё ҷисмест, ки бо ҷисми дигари ҳарораташ ченшаванда дар тамоси ҳароратӣ мебошад. Баъди барқароршавии мувозинати ҳароратии онҳо ҳарорати ченкардашуда ба нишондоди термометр баробар аст.

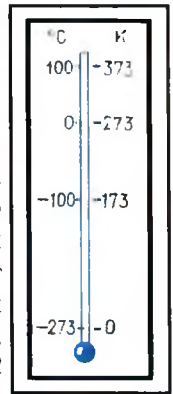
Ҳангоми тағйирдиҳии ҳолати ҳароратии ҷисм, ғайр аз температура бузургҳои дигари физикӣ (ҳаҷм, муқовимати электрикӣ ва ғ.) низ тағйир меёбанд. Яъне тағйирёбии ин бузургҳо нишонаи баландшавӣ ё пасшавии температура мешавад. Одатан ба ҳарорати ҷисм аз рӯи тағйирёбии ҳаҷми он баҳо медиҳанд. Тарзи амали термометр низ ба ҳамин асос карда шудааст.

Ҷисми ба сифати «ченкунандаи ҳарорат» (ҷисми термометрӣ) интихобкардаро бо яқи обшудаистода ба мувозинати ҳароратӣ месорем. Фарз мекунем, ки дар ин маврид ҳарорати он  $0^{\circ}\text{C}$  ва ҳаҷмаш  $V_0$  аст. Сипас, онро бо оби таҳти фишори атмосферӣ ҷӯшидаистода аз нав ба мувозинати ҳароратӣ оварда, ҳаҷми он  $V_{100}$ -ро муайян карда, ҳарораташро  $100^{\circ}$  қабул мекунем. Ҳамин тарик, ба  $100^{\circ}$  тағйирёбии температура ба тағйирёбии ҳаҷм ( $V_{100} - V_0$ ) мувофиқ меояд. Вобастагии хатии ҳаҷми ҷисми термометрӣ ва температураро ба назар гирифта, тағйироти ба  $1^{\circ}$  мувофиқ будаи ҳаҷм  $\frac{V_{100} - V_0}{100}$ -ро меёбем. Пас ба сифати градус

(дараҷа) аз сад як ҳиссаи фарқи байни ҳароратҳои ҷӯшиш ва яқбандии оби софи таҳти фишори атмосфера бударо қабул кардан мумкин аст.

Миқёси (шкалаи) ҳароратии бо ҳамин тарз сохташударо ба шарафи астрономи Шветсия миқёси Селсий меноманд. Ҳароратсанҷи бо ин тарз дараҷабандишуда ва ҷисмро ба мувозинати ҳароратӣ оварда, температураи онро муайян мекунем. Ҳароратсанҷи симобӣ ё спиртии миқёси Селсийро Шумо ҳангоми омӯзиши физика, химия ва дар ҳаёти ҳаррӯзаатон истифода кардаед.

Дар физика миқёси мутлақи ҳароратҳо миқёси Келвин, ки дар он ҳарорати яхшавии об 273,15 градус ва температураи ҷўшиши об 373,15 градус (амалан қиматҳои тақрибии онҳо 273 ва 373) аст, ба таври васеъ истифода мешавад. Андозаи градус дар ин миқёс ба андозаи миқёси Селсий яхела аст. Температуреро, ки аз миқёси мутлақи ҳароратҳо мегиранд, **температураи мутлақ** меноманд ва бо ҳарфи Т ишорат мекунанд, вале градуси ин миқёсро барои аз миқёси Селсий ( $^{\circ}\text{C}$ ) фарқ кардан бо ҳарфи К ишорат мекунанд. Температураи мутлақ Т ва температураи аз рӯи миқёси Селсий  $t$  чунин вобастаанд:  $T=t+273$  (расми 63). Ҳарорати ОК-ро сифри мутлақ меноманд, ки ба  $-273,15^{\circ}\text{C}$  мувофиқ меояд.



Расми 63

### Саволҳои санҷишӣ

1. Мувозинати ҳароратӣ чист?
2. Усули чен кардани температура ба кадом хосияти ҷисмҳо асос ёфтааст?
3. Сохти миқёси Селсийро шарҳ диҳед?
4. Вобастагии байни температураи мутлақ ва ҳарорат аз рӯи миқёси Селсий ҷйгуна аст?

## § 35. Тавсифоти ҳарорат ва фишори газ дар асоси тасаввуроти молекулавӣ

Қаблан зикр шуд, ки ҳарорати ҷисм ва суръати ҳаракати молекулаҳои он байни худ алоқамандии зич доранд. Ҳарчанд ҳарорати ҷисм баланд бошад, молекулаҳои он ҳамон қадар тезтар ҳаракат мекунанд ва ҳамон қадар энергияи кинетикии онҳо зиёдтар аст. Ҳамин тариқ, энергияи кинетикии ҳаракати молекулаҳо мисли ҳарорат ба сифати меъёри ҳаракати ҳароратии молекулаҳо муоина намудан мумкин аст. Барои ошкор намудани робитаи байни онҳо бо баъзе мафҳумҳои асосӣ шинос мешавем.

Молекулаи гази идеалӣ, ки бо суръати  $\mathfrak{g}$  ҳаракат мекунад, соҳиби энергияи кинетикии  $E_1 = \frac{m\mathfrak{g}_1^2}{2}$  аст. Суммаи энергияҳои кинетикии

тамоми  $N$  молекулаҳои газ энергияи кинетикии пурраи онҳоро ташкил медиҳад:

$$E_k = \frac{m}{2} (\mathfrak{g}_1^2 + \mathfrak{g}_2^2 + \dots + \mathfrak{g}_N^2) \text{ аст.}$$

Энергияи кинетикии пурраи молекулаҳо  $E_k$ -ро бо адади молекулаҳо тақсим мекунем:



$$\frac{E_k}{N} = \frac{m(\mathfrak{g}_1^2 + \mathfrak{g}_2^2 + \dots + \mathfrak{g}_N^2)}{2 \cdot N}$$

Бузургии  $\frac{E_k}{N}$ -ро энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати пешравандаи молекула меноманд. Формулаи охирино ба таври умумӣ чунин навиштан мумкин аст:

$$\bar{E}_k = \frac{m}{2} \bar{\mathfrak{g}}^2 \quad (2.1.1)$$

Бузургии  $\bar{\mathfrak{g}}^2$ -ро қимати миёнаи квадрати суръат меноманд. Қимати миёнаи квадрати суръат  $\bar{\mathfrak{g}}^2$ -ро аз квадрати суръати миёна

$$(\bar{\mathfrak{g}})^2 = \left( \frac{\mathfrak{g}_1 + \mathfrak{g}_2 + \dots + \mathfrak{g}_N}{N} \right)^2$$

фарқ бояд кард. Онҳо бузургҳои

гуногунанд.

Акнун ба алокамандии байни энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо ва ҳарорат бармегардем. Агар ду газеро, ки қимати миёнаи энергияи кинетикии молекулаҳошон гуногун аст, ба якдигар омешиш диҳем, пас бо мурури замон энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳошон якхела мешавад, зеро молекулаҳои ҳар ду газ байни худ бархӯрда, яке ба дигаре энергия мебахшанд. Дар айни ҳол энергия аз газе, ки қимати миёнаи зиёдтари энергияи кинетикӣ дорад, ба гази дигар мегузарад. Баъди баробаршавии энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо дар газҳо мувозинати ҳароратӣ барқарор мегардад, ки баъди он нақли энергия қатъ мегардад, ҳол он ки бархӯриро ҳаракати бетартиби молекулаҳо давом мекунад.

Маълум аст, ки ин гуфтаҳо нисбати ҳисмҳои ҳарорати якхела надошта низ гуфтан мумкин аст. Дар натиҷаи расиш баробаршавии ҳароратҳои онҳо ба амал меояд, яъне аз яке ба дигаре энергия мегузарад. Ҳарорати ҳамон ҳисм нисбатан баланд ҳисобида мешавад, ки аз худ энергия хориҷ кардааст.

Аз ин муқоисагунӣ маълум мегардад, ки энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати пешравандаи молекулаҳо низ мисли ҳарорат тағйир меёбад. Ҳангоми расиши ҳисмҳо ва барқароршавии мувозинати ҳароратӣ ҳардуи ин бузургҳо мутаносибан тағйир меёбанд. Пас ҳарорат чун ченаки энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои газ хизмат мекунад. Ба ин ақида дар асоси таҷриба боварӣ ҳосил кардан мумкин аст.

Тадқиқу омӯзиши ҳосиятҳои газҳо ва як қатор далелҳои таҷрибавӣ (таҷрибаи Отто Штерн- физики олмонӣ) имконият доданд, ки алокамандии низои муҳим – вобастагии суръати ҳаракати молекулаҳо аз ҳарорат муқаррар карда шавад. Дар таҷрибаи Штерн бо тағйирёбии қувваи ҷараён дар симе, ки аз он атомҳои нуқра бухор мешаванд,

хароратро тағйир медиҳанд ва суръати миёнаи зарраҷаҳоро чен карда вобастагии суръати (ё худ энергияи кинетикии миёна) атомҳоро аз ҳарорат муқаррар намуданд.

Вобастагии байни суръати ҳаракати молекулаҳо аз температура нишон медиҳад, ки энергияи миёнаи кинетикии молекулаҳо  $E$  ба температураи мутлақи газ мутаносиб аст ва бо формулаи зерин ифода меёбад:

$$E_k = \frac{m\bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2}kT \quad (2.1.2)$$

Коэффитсиенти  $k$ -ро **доимии Болсман** меноманд. Он нишон медиҳад, ки ҳангоми ба як градус тағйир ёфтани ҳарорат энергияи кинетикии як молекула чӣ қадар тағйир меёбад. Доимии Болсманро таҷрибавӣ ҳосил кардан мумкин аст. Ин доимӣ бо усулҳои гуногун муайян карда шудааст ва ченкуниҳо қимати  $k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ҷ/К}$ -ро додаанд.



*Людвиг Болсман (1844-1906) физик- назариячии австриягӣ. Муодилаи асосии назарияи кинетикии газҳоро ҳосил кардааст, аз ҷиҳати статистикӣ қонуни дуҷуми термодинамикаро асоснок ва қонуни нурафканин ҳароратиро муқаррар кардааст.*

*Як қатор тадқиқотҳои соҳаи механика, оптика, гидродинамика, назарияи чандирият, назарияи майдони электромагнитӣ ва ғ. ба ӯ мансубанд.*

Ҳамин тарик, ба мафҳуми температура ҳамчун «дараҷаи гармӣ»-и ҳисм, ки дар ҳаёти ҳарруза истифода мешавад, метавонем таърифи сахттари зеринро диҳем: **температура ченаки энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати молекулаҳо мебошад.** Ин ҳулоса на танҳо барои гази идеалӣ, балки барои ҳолатҳои гуногуни моддаҳо дуруст меояд.

**Масъала.** Энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои гази идеалиро ҳангоми  $27^\circ\text{C}$  будани ҳарорат ҳисоб кунед.

**Ҳал.** Энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати ҳароратии молекулаҳои гази идеалии якатома  $E$  бо ҳарорати мутлақи газ вобастагии зерин дорад:

$$E = \frac{3}{2}kT$$

дар ин ҷо  $k$  -доимии Болсман ва

$$T=t+273, \quad T=300\text{K}$$

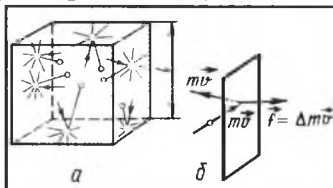
қимати ҳарорати мутлақ аст. Қимати ҳарорат ва доимии Болсманро ба формула гузошта, қимати энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои гази идеалиро меёбем:

$$E = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ҷ} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 300\text{K} \approx 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ Ҷ}$$

Аз формулаи (2.1.2) фаҳмида мешавад, ки хангоми сифри мутлаки температура энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати пешравандаи молекулаҳо баробари сифр аст. Аз ин ҷо хулоса мебарояд, ки хангоми сифри мутлаки температура ҳаракати молекулаҳо қатъ мегардад. Амалан бошад, ин тавр нест, зеро дар назарияи квантӣ исбот шудааст, ки ҳатто хангоми ҳароратҳои ба сифри мутлақ наздик ҳам ҳаракати лапшишноки молекулаҳо қатъ намегардад. Ғайр аз ин бояд дар назар гирием, ки сифри мутлақ температураи умуман дастнорас аст. Ҳоло температураи  $1,2 \cdot 10^4 \text{ K}$  ҳосил карда шудааст.

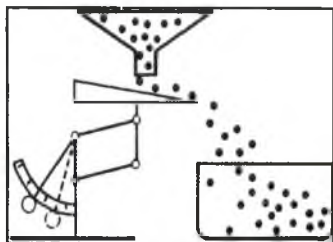
Бори дигар ба он масъала бармегардем, ки ҳарорати ҳисм аз рӯи энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои он муайян карда мешавад. Ин бузургӣ хангоми адади зиёди молекулаҳо маъно дорад ва аз ин рӯ табиати омори дорост. Ҳамин тариқ, температура-бузургии макроскопиест, ки аз ҳолати шумораи зиёди молекулаҳо дарак медиҳад. Оид ба ҳарорати як ё якчанд молекулаҳои «сард» ё «гарм» сухан рондан ноҷоиз аст.

Аз физикаи синфи 7 Шумо медонед, ки фишори газ ба деворҳои зарф аз рӯи зарбаи молекулаҳо баҳо дода мешавад. Заррачаҳои газ чун жолаи рӯи Замин ба деворҳои зарф бармехӯранд (расми 64. а). Хангоми зарба молекула ба девор импульсе мебахшад, ки онро худ молекула гум мекунад (расми 64. б). Азбаски молекулаҳо хеле бисёранд, таъсири ҷурраи онҳоро ба сатҳи девор бо ягон қувваи миёнаи бефосила таъсиркунанда иваз кардан мумкин аст. Бузургии ин қувва, ки ба воҳиди сатҳи девор мувофиқ меояд, фишори газро муайян менамояд.



Расми 64

Барои ба ин боварӣ ҳосил кардан аз модели зерин истифода бурдан мумкин аст (расми 65). Хангоми зиёд будани шумораи сакқоҳо, ки ба майдончаи ҳаракатнок дар ягон воҳиди вақт меафтанд, қувваҳои зарбаи сакқоҳои алоҳида ба қувваи миёнаи фишор «табдил» меёбад, ки онро ақрабаки асбоби нишон медиҳад. Барои муайян кардани фишори газ бояд ин қувва ба майдони сатҳаш мувофиқ тақсим карда шавад.



Расми 65

Ҳамин тариқ, фишори газ ба деворҳои зарф зарбахӯрии шумораи зиёди молекулаҳо ро нишон медиҳад. Азбаски молекулаҳо бетартиб ҳаракат мекунанд ва шумораи онҳо дар воҳиди ҳаҷми газ хеле бузург аст, ба ҳисоби миёна дар тамоми самтҳо шумораи якхелаи зарбаҳо ба вуқӯъ меоянд, пас фишори газ дар тамоми деворҳои зарф бояд як хел бошад. Бетартиб будани ҳаракат инчунин ба он оварда мерасонад, ки баробартаъсиркунандаи тамоми қувваҳои зарбаи молекулаҳо ба сатҳ перпендикуляр мешавад. Қувваи зарбаи молекуларо мумкин аст ба ду ташкилдиханда ҷудо намоем. Хангоми шумораи зиёди молекулаҳо

хамеша заррачаи дигаре ёфт мешавад, ки ба импульсу қувваи баробар ва самти муқобил таъсир мекунад. Бинобар ҳамин ҳам қувваи натиҷавии тамоми ин ташкилдидандаҳо ба сифр баробар аст.

Узвҳои ҳиссиёти мо ва асбобҳои ченкунанда қобилияти ба қайд гирифтани зарбаҳои молекулаҳои алоҳидаро надоранд: онҳо танҳо баъзе қиматҳои миёнаи импульсҳоро, ки муайянкунандаи фишори газ мебошанд, қабул мекунанд. Вале дар натиҷаи бетартиб будани ҳаракат суръати ба деворҳо бархӯрии молекулаҳо ва шумораи онҳо дар лаҳзаҳои гуногуни вақт умуман гуногун аст, бинобар ин ҳам фишор бо мурури замон тағйир меёбад, вале барои шумораи зиёди молекулаҳои фишори газ ба ҳисоби миёна доимӣ мемонад. Агар шумораи молекулаҳо кам бошад, пас суръат ва шумораи зарбаҳои онҳо ба деворҳои зарф дар лаҳзаҳои гуногун фарқ карда меистад, яъне бо иборати дигар флукуатсияи (тағйирёбии дилҳох) фишор ба амал меояд, аммо дар ҳолатҳое, ки як ё якчанд молекула вуҷуд дорад, умуман мафҳуми фишор маънои худро гум мекунад. Ҳамин тариқ фишори газ бузургист, ки ҳолати шумораи зиёди молекулаҳо ро ифода мекунад, яъне бузургии макроскопӣ аст.

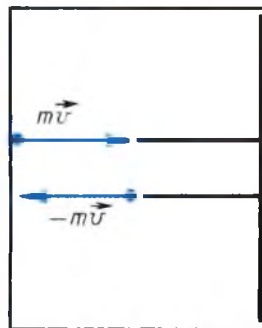
### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Байни ҳарорат ва энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати пешравандаи молекулаҳои газ чӣ гуна алоқамандӣ аст?
2. Қисмҳои тафсон аз сард чӣ фарқ доранд?
3. Маънои физикии доимии Болсманро шарҳ диҳед.
4. Оё ақидаи ҳангоми сифри мутлақӣ ҳарорат тамоми ҳаракатҳои заррачаҳо қатъ мегарданд, дуруст аст?
5. Фишори газро дар асоси назарияи молекулавӣ-кинетикӣ чӣ тавр бояд шарҳ дод. Вай аз чӣ вобастагӣ дорад?

## § 36. Муодилаи асосии назарияи молекулавӣ-кинетикии газҳо

Аз муҳокимаи қаблӣ фаҳмидем, ки ба фишори газ аз рӯи бархӯри молекулаҳо баҳо дода мешавад. Акнун кӯшиш мекунем вобастагии байни фишори газ ва бузургҳои дигари тавсифкунандаи ҳаракати молекулаҳо ро муқаррар кунем. Барои ҳисоб кардани фишори газ бояд суммаи қувваҳои ба девор бархӯрандаи молекулаҳо ро ёбем. Барои ин модели ба девор бархӯрии молекулаҳо ро муоина мекунем.

Бигузур молекулаи массааш  $m$  бо ягон суръати  $\vec{v}$  нисбат ба девор перпендикуляр ҳаракат кунад (расми 66). Импульси он то зарба ба девор ба  $m\vec{v}$  баробар аст ва ҳангоми зарбаи чандир молекула суръати худро гум накарда, самти ҳаракати худро тағйир медиҳад, бинобар ҳамин импульси он ҳангоми зарба ба



Расми 66

$$\Delta(m\vec{g}) = m\vec{g} - (-m\vec{g}) = 2m\vec{g}$$

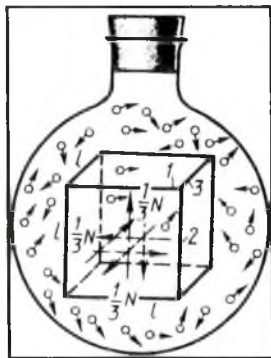
тагйир меёбад.

Мувофиқи қонуни сеюми Нютон ҳангоми зарба айнан ҳамин гуна импульс ба девор дода мешавад. Мувофиқи қонуни дуюми Нютон ба он

қувваи  $f_1 = \frac{2m\vec{g}}{\Delta\tau}$  таъсир мекунад, ки ин ҷо  $\Delta\tau$

вакти зарба мебошад.

Дар зарфе, ки  $N$  молекула дорад, кубӣ тегааш  $\ell$ -ро ҷудо мекунем (расми 67). Барои соддашавии ҳалли масъалаи гузошташуда баъзе фарзияхоро дохил мекунем. Аввалан аз ҳисоби ҳаракати бетартиб чунин мепиндорем, ки молекулаҳо бо суръати якхелаи  $\vec{g}$  фақат аз рӯи се тирӣ байни худ перпендикуляр (дар расми 67 бо порчаҳои самтдор нишон дода шудаанд) ҳаракат мекунанд. Пас дар лаҳзаи дилхоҳи вақт қад-қади



Расми 67

ҳар кадоми ин самтҳо якбора  $\frac{N}{3}$  молекулаҳо

ҳаракат мекунанд, яъне бар ин нисфи онҳо, яъне  $\frac{N}{6}$  хиссаи онҳо ба

самти муайян ба ягон тараф, нисфи дигар ба самти муқобил ҳаракат мекунанд. Баъдан фарз мекунем, ки заррачаҳои газ аз як тега то тегаи дигар бе бархӯрд ҳаракат мекунанд.

Ҳаракати яке аз молекулаҳо, ки аз девори чапи куб ба рост ва баръакс ба амал меояд, зери назорат мегирем. Молекула ҳангоми зарба ба девор импульси  $2m\vec{g}$  мебахшад. Баъди ягон фосилаи вақти  $\Delta t$  бори дигар ба ҳамон девор бармехӯрад. Фосилаи вақти байни ду зарбаи пай дар пайи молекуларо ҳисоб мекунем. Дар ин муддат вай масофаи  $\Delta\ell$ -ро бо суръати  $\vec{g}$  менайҷояд, пас  $\Delta t = \frac{2\ell}{g}$  аст. Ин заррача

дар 1 с бо девор  $k = \frac{1}{\Delta t} = \frac{g}{2\ell}$  маротиба бар мехӯрад. Пас тағйирёбии

импульси он дар 1 с  $2m\vec{g}k = \frac{m\vec{g}^2}{\ell}$  мешавад. Аз рӯи қонуни дуюми

Нютон  $f \cdot \Delta\tau = \frac{m\vec{g}^2}{\ell}$  ва қувваи аз тарафи як молекула ба девори

куб таъсиркунанда ба  $f = \frac{m\vec{g}^2}{\ell\Delta\tau}$  баробар аст, вале азбаски  $\Delta\tau = 1$

аст, пас  $f = \frac{m\vec{g}^2}{\ell}$  мешавад. Дар байни деворҳои чапу рости куб  $\frac{N}{3}$

молекула ҳаракат мекунад. Бинобар ин қувваи натиҷавии ба девор таъсиркунандаи зеринро ҳосил мекунем:

$$F = \frac{N}{3} \cdot \frac{m\bar{g}^2}{\ell}$$

Аз рӯи таърифи фишор  $\left| P = \frac{F}{S} \right|$  бо назардошти он ки  $S = \ell^2$  аст,

$$P = \frac{1}{3} N \frac{m\bar{g}^2}{\ell^3}$$

мешавад.

Ба ҳисоб гирем, ки ҳаҷми куб  $\ell^3 = V$  ва  $\frac{N}{V} = n$  шумораи молекулаҳои воҳиди ҳаҷми газ аст,

$$P = \frac{1}{3} n m \bar{g}^2 - \text{ро}$$

ҳосил мекунем. Дар мавриди суръати якхелаи молекулаҳо фишори газ аз рӯи ҳамин формула ҳисоб карда мешавад. Дар асл заррачаҳои газ суръатҳои гуногун доранд. Аз ин ҳисоб бузургии  $\bar{g}^2$  ба кимати миёнаи квадрати суръат  $\bar{g}^2$  бояд иваз карда шавад. Пас формулаи натиҷавии зеринро ҳосил мекунем:

$$P = \frac{1}{3} n m \bar{g}^2 \quad (2.1.3)$$

Ин ифодаро муодилаи асосии назарияи молекулавӣ-кинетикии газҳо меноманд. Вай алоқаи байни бузургиҳои микроскопӣ – массаи молекула, заррачаҳои воҳиди ҳаҷм, кимати миёнаи квадрати суръати ҳаракати пешравандаи молекулаҳо ва фишорро муқаррар мекунад.

Бо вучуди он ки муодилаи (2.1.3) аз муоинаи зарфи кубшакл ҳосил карда шудааст, барои зарфи шаклаш дилхоҳ дуруст аст.

Муодилаи асосии назарияи молекулавӣ-кинетикии газро дар шакли дигар низ навиштан мумкин аст. Ба ҳисоб мегирем, ки  $n = \frac{N}{V}$  аст ва тарафи рости муодилаи (2.1.3)-ро ба ду зарбу тақсим карда, ҳосил мекунем:

$$P = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \cdot \frac{m\bar{g}^2}{2}. \text{ Вале } \frac{m\bar{g}^2}{2} = E_k \text{ кимати миёнаи энергияи кинетикии}$$

ҳаракати пешравандаи молекулаҳо мебошад. Пас,

$$PV = \frac{2}{3} N E_k \quad (2.1.4)$$

мешавад. яъне ҳосили зарби фишори газ бар ҳаҷми он ба  $\frac{2}{3}$  хиссаи қимати миёнаи энергияи кинетикии тамоми молекулаҳо баробар аст.

Ҳосили зарби  $mn = \rho$  зичии газ аст, ва аз ин ру муодилаи асосии назарияи молекулавӣ-кинетикӣ (2.1.3) шакли зайл мегирад:

$$P = \frac{1}{3} \rho \cdot \bar{v}^2 \quad (2.1.5)$$

**Фишори гази идеали ба ҳосили зарби зичии газ ва қимати миёнаи квадрати суръати ҳаракати пешравандаи молекулаҳо мутаносиб аст.**

### ? Саволҳои санҷишӣ

1. Барои чӣ ҳаракати молекулаҳои газро аз рӯи се самти байни худ перпендикуляр ба ҳисоб мегиранд?
2. Муодилаи асосии назарияи молекулавӣ-кинетикӣ газҳо робитаи байни қадом бузургӣро муқаррар мекунад?
3. Муодилаи асосии назарияи молекулавӣ-кинетикӣ газҳоро навишта шарҳ диҳед.

## § 37. Муодилаи ҳолати газ

Аз муодилаи асосии назарияи молекулавӣ-кинетикӣ газҳо ҳамаи вобастагӣҳои байни бузургӣҳои тавсифкунандаи ҳолат: фишор  $P$ , температура  $T$  ва ҳаҷм  $V$ -ро ҳосил кардан мумкин аст, ки онро муодилаи ҳолати газ меноманд.

Муодилаи ҳолати гази идеалиро ҳосил мекунем. Барои ин ба муодилаи (2.1.4)-и параграфи гузашта қимати  $E_k = \frac{3}{2} kT$ -ро мегузорем:

$$PV = \frac{2}{3} N \cdot \frac{3}{2} kT = NkT \quad (2.1.6)$$

Дар ин вобастагӣ ҳамаи бузургӣҳои ҳолати газро тавсифдиҳанда дохиланд ва он муодилаи ҳолати гази идеали ҳисобида мешавад.

Азбаски массаи ( $m$ ) долашудаи газ аз  $\frac{m}{M}$  мол иборат ва адади молекулаҳои як мол ба адади Авогадро  $N_A$  баробар аст, пас миқдори умумии молекулаҳои газ

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A$$

мешавад.

Қимати ҳосилшудаи  $N$ -ро ба муодилаи ҳолат мегузорем:

$$pV = \frac{m}{M} N_A kT \quad (2.1.7)$$

Ҳосили зарби доимихои  $k$  ва  $N_A$  бузургии доимист ва онро доимии универсалии газ номида, бо ҳарфи  $R$  ишорат мекунанд:

$$R = kN_A = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ҷ / K} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ мол}^{-1} = 8,31 \text{ Ҷ / (K} \cdot \text{мол)}$$

Дар натиҷа ҳосил мешавад.

$$pV = \frac{m}{M} RT \quad (2.1.8)$$

Ин муодила алоқамандии байни бузургиҳои тавсифдиҳандаи ҳолати газро (фишор, ҳаҷм ва температура) ифода мекунанд ва онро муодилаи ҳолати гази идеалӣ ё муодилаи Клапейрон-Менделеев меноманд. Муодилаи ҳолати гази идеалиро физики франсавӣ Бенуа Клапейрон (1799-1864) ҳосил кардааст. Онро дар намууди (2.1.8) аввалин шуда олими бузурги рус Дмитрий Иванович Менделеев (1834-1907) истифода бурдааст. Аз ин ҷо мебинем, ки

$$\frac{PV}{T} = \frac{m}{M} \cdot R = \text{const} \quad (2.1.9)$$

аст, яъне **барои массаи додашудаи газ ҳангоми тағйирёбии дилҳох нисбати ҳосили зарби фишору ҳаҷм бар температураи мутлақ бузургии доимӣ мемонад.**

Баъзан муодилаи ҳолати гази идеалиро дар намууди зерин менависанд:

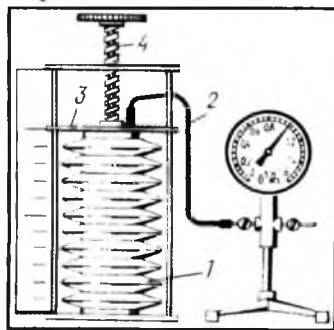
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (2.1.10)$$

Муодилаи ҳолатро бо ёрии асбоби дар расми 68 тасвиршуда таҷрибавӣ санҷидан мумкин аст. Асбоб аз устуворонаи чиндори ҳаҷмаш тағйирёбандаи 1 (сифон), ки бо лулаи резинии 2 аз сарпуши филизии 3 гузашта ба манометр пайваст мешавад, иборат аст. Ҳаҷми устуворонаро бо мурвати 4 тағйир додан мумкин аст. Барои санҷиши доимӣ будани

бузургии  $\frac{PV}{T}$  устуворонаро ба зарфи обдор ҷойгир мекунанд. Фишор, ҳаҷм ва ҳарорати газро чен карда, кимати  $\frac{PV}{T}$ -ро ҳисоб мекунанд.

Сипас, ҳарорати оби зарф (инчунин гази устуворона) ва ҳаҷми газро тағйир дода, фишорро чен мекунанд ва аз нав  $\frac{PV}{T}$ -ро меёбанд. Муқоисаи киматҳои  $\frac{PV}{T}$  барои ин ду маврид нишон медиҳад, ки онҳо қариб бетағйир мемонанд.

**Маъсала.** Зарфи ғунҷоишаш 100 л 5,76 кг оксиген дорад. Агар зарф ба фишори  $5 \cdot 10^6$



Расми 68



Па тоб оварад, пас дар кадом харорат хавфи таркиш ба миён меояд?

**Ҳал.** Хавфи таркиш дар харорате ба амал меояд, ки хангоми он фишори оксиген ба  $5 \cdot 10^6$  Па баробар шавад. Ин температураро аз муодилаи Клапейрон-Менделеев муайян мекунем:

$$T = \frac{PV_M}{mR} = \frac{5 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 0,1 \text{ м}^3 \cdot 0,032 \text{ кг / мол}}{5,76 \text{ кг} \cdot 8,31 \text{ Ҷ / (К \cdot мол)}} \approx 334 \text{ К} = 61^\circ \text{С}$$

### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Тавсифдиҳандаи ҳолати газ кадом бузургиҳо ҳисоб мешаванд?
2. Муодилаи ҳолати газро шарҳ диҳед.
3. Муодилаи ҳолати газро таҷрибавӣ чӣ тавр ҳосил мекунанд?

### ⚠️ Машқи 18

1. 1 мол газ дар зарфи ҳаҷмаш 1 л ҷой қарда шудааст. Фишори газ чӣ қадар аст? Температураи газро 300 К гиред.
2. Дар сеҳи кафшергарӣ 40 баллони асетилен ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) мавҷуд аст, ки ҳар кадом 40  $\text{дм}^3$  ғунҷош дорад. Баъди 12 соати кор фишор дар ҳамаи баллонҳо аз  $1,3 \cdot 10^7$  то  $0,7 \cdot 10^7$  Па паст фаромад. Агар ҳарорат дар сеҳ бетағйир ба  $32^\circ \text{С}$  баробар бошад, пас чӣ қадар асетилен харҷ шудааст?
3. Дар зарфи ҳаҷмаш 12 л оксигени температурааш  $27^\circ \text{С}$  таҳти фишори  $10^7$  Па қарор дорад? Массаяи гази дар зарфбуда ва зичии онро муайян кунед.

## § 38. Изоравандҳо (изопротсессҳо) дар газҳо.

Одатан хангоми дар газҳо гузаштани раванд ҳар се параметр (бузургиҳои тавсифдиҳандаи асосӣ)-и он:  $P$ ,  $V$  ва  $T$  тағйир меёбанд. Аз ин рӯ, равандҳое, ки бо тағйирёбии фақат ду бузургӣ гузашта, бузургии сеюм доимӣ мемонад, содатаранд. Чунин равандҳо изоравандҳо ном гирифтаанд (аз калимаи юнонии «изос-баробар, яхела»). Муодилаи ҳолати газро дар ин маврид бо осонӣ аз муодилаи Клапейрон-Менделеев ҳосил кардан мумкин аст. Бо ин мақсад яке аз бузургиҳоро доимӣ қабул кардан кофист. Таҷқиқи изоравандҳоро аз раванде оғоз мекунем, ки хангоми доимӣ будани температура мегузарад ва он раванди **изотермӣ** номида мешавад.

Агар дар муодилаи ҳолат (2.1.8) ё (2.1.10) (параграфи гузашта) харорат доимӣ  $T = \text{Const}$  бошад, он гоҳ тарафи ростии он низ доимӣ, яъне

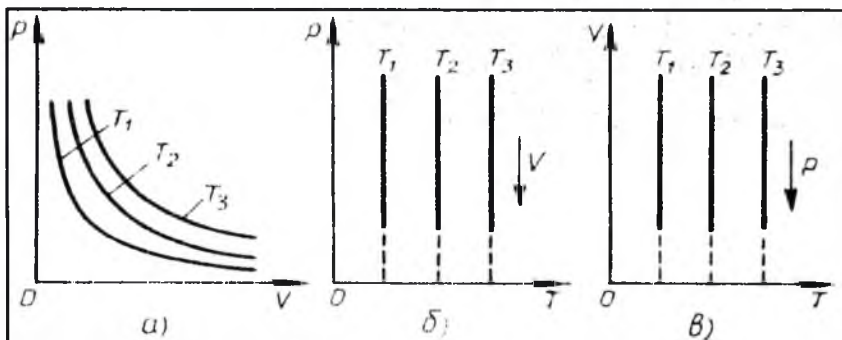
$$PV = \text{Const} \quad \text{ё ки}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (2.1.11)$$

мешавад.

Формулаи ҳосилшуда қонуноро ифода мекунад, ки он бо роҳи таҷриба дар миёнаҳои асри XVII аз тарафи олими англис Р. Бойл (1627-1691) ва физики франсавӣ Э. Мариотт (1620-1684) кашф шудааст. Дар **қонун Бойл-Мариотт** ё муодилаи ҳолати гази идеалӣ хангоми раванди изотермӣ гуфта мешавад: **ҳосилти зарби фишори массаи додашудаи газ**

ва ҳаҷми ишолқардан он ҳангоми доими будани температура бузургии доимӣ аст.



Расми 69

Қонуни Бойл-Мариоттро бо ёрии асбоби дар боло нишондолашуда (расми 65) таҷрибавӣ санҷидан мумкин аст. Ҳангоми доимӣ будани температура ҳаҷми ҳаворо дар устувона ботадрич тағйир дода, нишондиҳи манометрро мушоҳида мекунамд ва боварӣ ҳосил мекунамд, ки бо камшавӣ ва афзоиши ҳаҷм фишор мувофиқан зиёд ва кам мешавад.

Вобастагии байни фишор ва ҳаҷми газ ҳангоми доимӣ будани температура ба таври графикӣ гипербола мешавад ва ба ҳар як қимати ҳарорат хати қачи алоҳида мувофиқ меояд (расми 69, а). Ин хатҳои қачро **изотермаҳо** меноманд. Ҳарчанд ҳарорати изораванд баланд бошад, ҳамон қадар изотерма баландтар ( $T_3 > T_2 > T_1$ ) қойир мешавад.

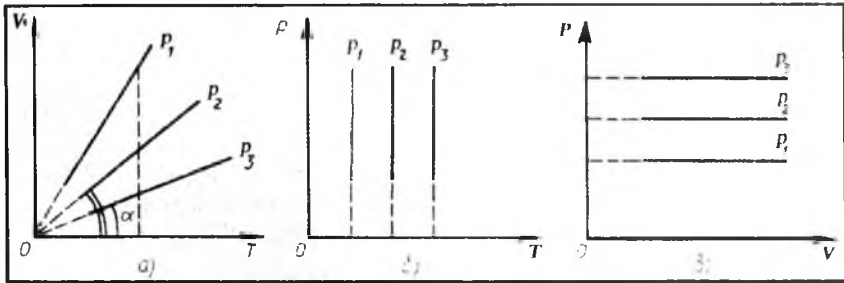
Дар системаҳои координатии P, T (расми 69, б) ва V, T (расми 69, в) раванди изотермӣ бо хати росте (изотермаҳо) тасвир қарда мешавад, ки мувофиқан бо тири P ӯ V мувозӣ аст. Параметри сеюм (V ӯ P) қал-қали ин хатҳо доимӣ наменонад ва бо самти акрабақ меафзояд.

Ақнун фарз мекунем, ки фишори газ (P) доимӣ мемонад. Аз муодилаи Клапейрон-Менделеев маълум мешавад, ки дар ин маврид нисбати ҳаҷми газ ба ҳарорати он доимӣ мемонад.

$$\frac{V}{T} = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{P} = Const \quad (2.1.12)$$

Яъне барои массаи долашудан газ ҳангоми доимӣ будани фишор ҳаҷми газ бо температураи мутлақ мутаносиби роста аст. Ин қонун соли 1802 аз тарафи физики франсавӣ Гей-Люссак (1778-1850) кашф шуда буд. Формулаи қонун Гей-Люссакро дар шакли зерин навиштан мумкин аст:

$$\frac{V}{T} = \frac{V_1}{T_1} \quad \text{ё ки} \quad V = V_1 \cdot \frac{T}{273} \quad (2.1.13)$$



Расми 70

Хамин тарик, ҳангоми бетағйир майдани масса ва фишори газ ба 1 градус афзудани ҳарорат сабаби ба 1/273 хисса афзудани ҳаҷме мешавад, ки онро газ дар ҳарорати 273 К (0°С) ишғол мекунад.

Ин қонунро низ бо ёрии дастгоҳи дар болю нишон доданида (расми 68) санҷидан душвор нест. Барои ин устувои ҳаҷман тағйирёбандаларо ба дохили зарфи обдор ҷойгир мекунанд. Ҳангоми афзоиши ҳарорати об фишори ҳаво зиёд мешавад. Бо ёрии мурват ҳаҷми онро чунон тағйир медеҳанд, ки фишори он тағйир наёбад. Ҳаҷми ҳавои устувои ва ҳарорати онро чен карда муайян мекунанд, ки ҳангоми доимӣ будани фишор нисбати ҳаҷми газ ба ҳарорати мутлақ бузургии доимӣ аст.

**Ҳангоми доимӣ майдани фишор аз ҳолат ба ҳолати дигар гузаштани газро раванди изобарӣ меноманд.** Чунон раванд ба таври графикӣ дар тирҳои координатии V, T хати ростеро танқил медеҳад, ки давоми он аз ибтидои координатаҳо мегузарад. Ин хатро **изобара** меноманд. Қунҷи моилли он  $\alpha$  бо тирӣ ҳарорат аз фишори газ вобаста аст. Фишор ҳарчанд зиёд бошад, қунҷи моилӣ ҳамон қадар хурд мешавад (расми 70, а).  $P_3 > P_2 > P_1$ . Дар ҳақиқат ҳам муодилаи хати изобара аз формулаи (2.1.12) пайдо мешавад:

$$V = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{P} T$$

ки дар он  $\frac{m}{M} \cdot \frac{R}{P}$  бузургии доимист ва бо камшавии P вай зиёд мешавад. Маълум мегардад, ки дар ҳамон як ҳарорат ҳарчанд фишори газ кам бошад, ҳамон қадар вай ҳаҷми зиёдро ишғол мекунад. Дар диаграммаҳои P, T ё P, V изобараҳо хатҳои ростӣ ба тирӣ T ё ба тирӣ V мувофиқан мувозианд (расми 70, б, в).

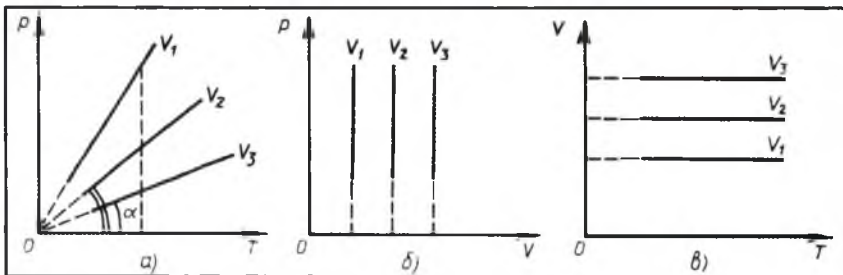
Дар охир рафтори газро дар мавриде муоина менамоем, ки ҳаҷми он V доимӣ мемонад. Аз муодилаи Клапейрон-Менделеев маълум мешавад, ки дар ин ҳолат нисбати фишори газ ба ҳарорати он доимӣ мемонад:

$$\frac{P}{T} = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{V} = \text{Const} \quad (2.1.14)$$

**Ҳангоми доимӣ майдани ҳаҷм фишори газ ба температураи мутлақ мутаносиби роста аст.**

Ин қонун аз тарафи олими франсавӣ Ж. Шарл (1746-1823) кашф шуда буд. Онро низ бо ҳамон дастгоҳи таҷрибавии боло (расми 68) санҷидан мумкин аст.

**Ҳангоми доимӣ мондани ҳаҷм гузариши газро аз як ҳолат ба ҳолати дигар раванди изохорӣ меноманд.** Графики ин раванд аз рӯи муодилаи (2.1.14) сохта мешавад. Вай хати ростест, ки давоми он аз ибтидои координатаҳо мегузарад (расми 71, а) ва онро **изохора** меноманд. Кунчи моилии изохора  $\alpha$  нисбат ба тирӣ ҳарорат вобаста аз камшавии ҳаҷми газ меафзояд (дар расми 71 а,  $V_3 > V_2 > V_1$ ). Дар системаҳои координатии  $P \cdot V$  ё  $V \cdot T$  изохора хати ростӣ ба тирҳои  $P$  ё  $T$  мувозӣ аст (расми 71, б ва в).



Расми 71

Ҳамин тарик, мо боварӣ ҳосил кардем, ки қонунҳои асосии газ (Бойл-Мариотт, Гей-Люссак, Шарл) ҳолатҳои хусусии муодилаи Клапейрон-Менделеев мебошанд.

**Масъалаи 1.** Дар баллоне, ки 100 л ғунҷоиш дорад, газ таҳти фишори  $4,9 \cdot 10^5$  Па қарор дорад. Ҳамин газ таҳти фишори муқаррари атмосфера ( $1,01 \cdot 10^5$  Па) ва бетағйир мондани ҳарорат чӣ қадар ҳаҷмро ишғол менамояд?

**Ҳал.** Дар масъала сухан аз тағйири изотермии ҳолати газ меравад, ки он бо қонуни Бойл-Мариотт шарҳ дода мешавад:  $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$$\text{аз ин ҷо } V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

$$\text{ё ки } V_2 = \frac{4,9 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,1 \text{ м}^3}{1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 0,48 \text{ м}^3 = 480 \text{ л}$$

**Масъалаи 2.** Фишори ҳавои баллон ҳангоми ҳарорати  $5^\circ\text{C}$  ба  $10^4$  Па баробар аст. Ҳангоми чӣ гуна ҳарорат фишори он  $2,6 \cdot 10^4$  Па мешавад?

**Ҳал.** Аз қонуни Шарл

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

ҳароратро меёбем:

$$T_2 = \frac{T_1 P_2}{P_1}$$

Пас  $T_2 = 278K \cdot \frac{2,6 \cdot 10^4 \text{ Па}}{10^4 \text{ Па}} \approx 722,8K = 449,8^\circ \text{C}$  мешавад.



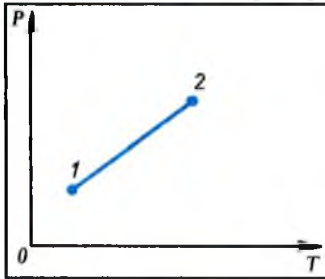
### Саволҳои санҷишӣ

1. Чиро изораванд меноманд?
2. Қонунҳои Бойл-Мариотт, Гей-Люссак ва Шарлро дар таҷриба чӣ тавр санҷидан мумкин аст?
3. Изотерма, изобара ва изохораро дар диаграммаи P.V тасвир намоед.
4. Муодилаи ҳолати гази идеалиро барои 1 моли газ нависед.



### Машқи 19

1. Фишор дар кабинаи киштии кайҳонии «Союз» хангоми температураи 290 К ба  $9,7 \cdot 10^4$  Па баробар буд. Ҳангоми ба 8 К баландшавии температура фишори ҳаво чӣ гуна тағйир меёбад?



Расми 72

2. Барои чӣ баллонхоеро, ки гази фишурда (оксиген, гидроген, ацетилен) доранд, аз  $35^\circ \text{C}$  бештар гарм кардан мумкин нест?

3. Як мол гази идеали дар температураи  $0^\circ \text{C}$  тахти фишори  $10^6$  Па қарордошта қадом ҳаҷмро ишғол менамояд?

4. Дар график (расми 72) вобастагии фишору ҳарорати ягон газ нишон дода шудааст. Агар массаи газ бегайир монад, ҳангоми аз ҳолати 1 ба ҳолати 2 гузаштан ҳаҷми газ чӣ гуна тағйир меёбад?

## § 39. Бугҳои сер ва носер. Вобастагии байни температураи ҷўшиш ва фишор

Дар табиат ва техника ба газ табиладобии моеъҳо ва ҷисмҳои сахтро мушоҳида мекунем. Дар рузи ҳавои софи тобистон қўлмақчаҳои баъди борон боқимонда ва ё либоси тар ба зудӣ хушк мешаванд. Порчаҳои хушкӣ ях бо мурури замон хурд мешаванд, андозаҳои порчаҳои нафталин, ки онҳоро ба либоси пашмин мегуздоранд, хурд мешаванд ва ғ. Дар ҳамаи ин мавридҳо раванди табиладобии моддаҳо ба ҳолати газӣ мушоҳида мешавад.

Бугҳо дар натиҷаи бухоршавӣ ва ҷўшиш ҳосил мешаванд. Дар навбати аввал бухоршавиро муоина мекунем, ки дар сатҳи моеъ ба амал меояд.

Чунин раванд хангоми ҳарорати ихтиёрӣ имконпазир аст ва онро назарияи молекулавӣ-кинетикӣ шарҳ дода метавонад. Молекулаҳои моеъ ва молекулаҳои газ суръатҳои гуногун доранд. Молекулаҳои сатҳи моеъ нисбатан зудҳаракат буда, барои ҷудошавӣ аз сатҳ ва беруншавӣ аз майдони таъсири қувваҳои молекулярӣ энергияи кинетикӣ кифоя доранд. Бинобар ҳамин дар сатҳи моеъ ҳамеша молекулаҳои озод мавҷуданд, ки бугро ташкил медиҳанд.

Аз баски аз сатхи моё молекулаҳои нисбатан тезҳаракат канда мешаванд, энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои боқимонда кам мешавад. Дар натиҷаи ин моё баъди бугшавӣ хунук мешавад. Ин ҳосияти моёҳоро дар техника ва рӯзгор истифода мекунанд. Барои доимӣ мондани ҳарорати моё бугшаванда ба вай бефосила энергия додан лозим аст, ки он бояд ба қори қувваҳои таъсири мутақобили молекулаҳо баробар бошад.

Дар натиҷаи ҳаракати бетартиб баъзе молекулаҳои буг боз ба сатхи моё бармегарданд. Ин равандро конденсатсияи буг меноманд. Ҳангоми наздикшавии молекула ба сатхи моё аз таъсири қувваҳои кашии молекулаҳо ба шитоб меоянд. Энергияи кинетикии иловагӣ ба энергияи барои баргарафкунии ин қувваҳо харҷшаванда баробар аст. Ақсун молекула аз нав ба ҳолати пештарааш баргашта энергияро доро мешавад, ки онро дар вақти бугшавӣ дофт. Бинобар ин ҳангоми конденсатсияи буг ҳамон қадар энергия ҷудо мешавад, ки вай ҳангоми бугшавӣ сарф шуда буд.

Агар моё дар зарфи қушода ҷойгир бошад, бугшавии он то пурра ба буг табдил ёфтани моё давом мекунад. Аз физикаи синфи 8 ва таҷрибаи ҳаррӯза медонед, ки агар ҳарорати моё баланд ва болои он қушода бошад бугҳои дар болои моё пайдошуда зуд дур шаванд, фишори беруна дар сатхи он кам шуда, суръати бугшавӣ меафзояд. Суръати бугшавӣ инчунин аз табиати моддаи бугшаванда вобастагӣ дорад. Чунончи, эфир назар ба об тезтар ва об назар ба равшан зудтар буг мешаванд. Ин бо тафовути қимати қувваҳои таъсири мутақобили молекулаҳои моддаҳо шарҳ дода мешавад.

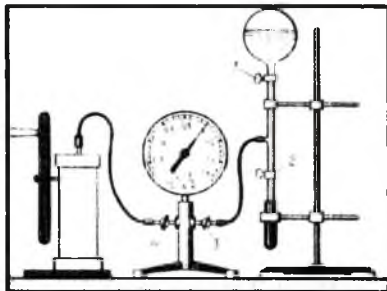
Бугшавии моё дар зарфи пӯшидае, ки як қисми ҳаҷми онро ишғол менамояд, каме дигар ҳел мушоҳида мегардад. Дар ибтидои раванд шумораи молекулаҳои аз моё хоричшавананда назар ба шумораи молекулаҳои ба он баргарданда беширтанд ва консентратсияи молекулаҳои буг меафзояд. Аммо бо зиёдшавии молекулаҳои сатхи моёро тарккунанда адади молекулаҳои ба сатхи моё баргарданда низ зиёд мешавад. Дар охир чунин ҳолате мешавад, ки шумораи молекулаҳои дар воҳиди вақт сатхи моёро тарккарда ба шумораи молекулаҳои ба он баргарданда баробар мешавад. Аз ҳамин лаҳза сар карда консентратсияи (ғаноши) молекулаҳо доимӣ менамояд. **Чунин ҳолатро мувозинаги динамикии буг ва моё меноманд.** Бугеро, ки бо моёи худ дар мувозинаги динамикӣ мебошад, **буги сер** меноманд.

Ҳамин тариқ, ба ҳудуде меоем, ки дар ҳарорати додашуда молекулаҳои воҳиди ҳаҷми буги сер беширт буда, фишори зиёдтарин ба вуҷуд меоранд.

Мувозинаги динамикии буги моёҳои гуногун ҳангоми зичҳои гуногуни буг ба вуқӯ меояд. Сабаби ин яқеъла набудани қувваҳои таъсири мутақобили молекулаҳои аст. Дар моёҳое, ки қувваи ҷозибаи байниҳамдигарӣ зиёд аст (масалан, симоб), фақат адади ҳеле қам молекулаҳои нисбатан тезҳаракат ба берун меҷаҳанд. Аз моёҳое, ки қувваи ҷозибаи байниҳамдигарии хурд доранд (масалан, эфир) дар ҳамон як ҳарорат шумораи зиёдтари молекулаҳо парида ҷудо мешаванд ва мувозинаги динамикӣ фақат баъди консентратсияи зиёди онҳо ба амал меояд.

Бугеро, ки бо мосеи хуи дар мувозинати динамикии нест **бути носер** менамояд. Дар чунин мосеи бути носер ба консептсияи афзалият дорад. Бешубха, зичии бути носер аз зичии бути сер кам аст. Хосияти бугҳои носерро ба воситаи конунҳои таъини идеали: Бойл-Мариотт, Гей-Люссак, Шарл, Клавейрон-Менделеев шарҳ додан мумкин аст. Хар қадар буг аз ҳолати серӣ дур бошад, ҳамон қадар ба конунҳои помбурда хубтар иттиҳод мекунад.

Ақсун тавассути таҷриба муайян мекунем, ки конунҳои газро барои бугҳои сер таъини мумкин аст ё не? Пеш аз ҳама вобастагии байни ҳаҷм ва фишори бути серро ҳаҷми доимӣ мондани харорат меомӯзем. Дар ҷои дастгоҳи дар расми 73 бударо ҷамъ мекунем, ки он аз қиф ва ҷумаки 1, найчаи шинагии бо ҷумаки 2, сарпӯши резинӣ ва селулоза, лӯлаи озмоишӣ (пробирка) иборат аст. Асбобро ба воситаи манометри намоишдихӣ ба насоси хавой васл карда, ҷумаки 1-ро маҳкам мекунем ва бо насос хаворо беруш меканем. Вақте ки нишондоди манометр ба сифри шкала наздик мешавад, ҷумаки 4-ро маҳкам мекунем. Агар дар тӯли ҷаҳд дақиқа нишондоди манометр тағйир наёбад, пас дастгоҳ барои гузаронишани таҷриба тайёр аст.



Расми 73

Ҷумаки 2-ро маҳкам карда, ба қиф эфيري сулфур мерезем. Яқбора ҷумаки 1-ро ба 180° тоб дода, ба найча каме эфир дохил мекунем. Эфир буг мешавад ва манометр фишори бугҳои сери онро нишон медиҳад. Айнан ҳамин тавр ба найча эфирро то он ҷаҳе мегузаронем, ки дар болои ҷумаки 2-и найча мосеи пайдо мешавад, ки он нишондиҳандаи бугҳои эфир сершавии фазои дохили найча мебошад. Агар эфир боз илова мешавад ҳам, нишондоди манометр бетағйир менамояд. Фишори бугҳои сери мосеи ҳаҷми бетағйир будани харорат бузургии доимист.

Ақсун ҷумаки 2-ро мекушоем ва эфирро ба найча сар медиҳем. Ҷамин тавр, мо ҳаҷми бугҳои серро ҳеле зиёд мекунем, аммо нишондоди манометр бетағйир менамояд. Агар ба лӯлаи озмоишӣ эфир резем, ҳаҷми буг кам мешавад, вале нишондоди манометр боз бетағйир менамояд. Пас фишори бугҳои сер аз ҳаҷми онҳо вобастагӣ на дорад.

Сабаби чунин рафтори бути сер он аст, ки консептсияи молекулаҳо дар зарфи шишаии мосеи дор ҳаҷми харорати долашуда новобаста аз ҳаҷми шишакар та яқхела менамояд. Масалан, агар ҳаҷми бути сер кам мешавад, зичии он зиёд ва мувозинати динамикии байни молекулаҳои аз сатҳи мосеи хоричнаванда ва ба он барқароршуда вайрон мешавад. Ҳаҷми зичии зиёди буг шумораи молекулаҳои ба сатҳи мосеи барқароршуда назар ба шумораи онро тарқунанда бештар буда, то барқароршавии мувозинати динамикии павбастӣ зичии буг кам мешавад. Азбаски зичии буг мисли пештара бетағйир менамояд, фишори он тағйир намеёбад.

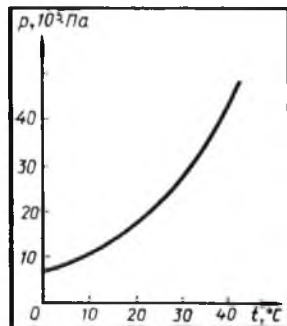
Барои омӯзиши вобастагии фишори бугҳои сер ва ҳарорат бугҳои эфери лулаи озмоиширо бо оби истакон хунук мекунем. Нишондоди манометр ботадрич кам мешавад. Ба зери лулаи озмоишӣ истакони оби гармро гузошта, якбора баландшавии фишорро мушоҳида мекунем. Яъне фишори буги сер бо афзоиши ҳарорат зиёд мешавад.

Бояд қайд кард, ки ҳангоми бугҳои сер вобастагии байни фишор ва ҳароратро бо **қонуни Шарл** ифода кардан мумкин нест, яъне қонуни Шарл барои бугҳои сер татбиқнашаванда аст. Сабаби инро шарҳ медиҳем. Гармкунии гази идеалӣ ҳангоми доимӣ будани ҳаҷм боиси баландшавии фишори он мегардад. Ин натиҷаи зиёдшавии энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо мебошад, ки аз ҳисоби бархӯрӣ бо деворҳои зарф ба амал меояд. Ҳангоми гармкунии буги сер на танҳо энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо, балки дар натиҷаи бугшавии бошиддат шумораи ин гуна молекулаҳо низ меафзояд. Бинобар ҳамин бо баландшавии ҳарорат суръати афзоиши фишор дар буги сер нисбат ба гази идеалӣ (расми 74) бештар аст.

Дар ин маврид қонунҳои Бойл-Мариотт ва Шарл аз сабаби тағйирёбии массаи газ татбиқнашавандаанд.

Бо ёрии асбоби дар боло тасвирёфта ба осонӣ санҷидан мумкин аст, ки бо зиёдшавии ҳаҷм фишор меафзояд. Вақте ки буги сер мешавад, камшавии минбаъдаи ҳаҷми он сабаби тағйирёбии фишор намешавад, зеро қисми буг ба моеъ табдил меёбад. Ҳамин тариқ, ҳангоми ҳарорати додашуда дар фишори зиёдтарин буги сер ба вучуд меояд.

Фишори бугҳои сер аз навъи моддаҳо вобастагӣ дорад. Агар дар таҷрибаи гузаронидамон ба ҷои эфир бензинро истифода барем, дар ҳамон ҳарорат фишори буги сери он ҳеле кам мешавад.



Расми 74

### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Буги сер чист ва дар кадом шароитҳо пайдо мешавад?
2. Ҳангоми изотермӣ кам (зиёд) кардани ҳаҷми буги сер фишор чӣ гуна мешавад?
3. Барои зиёд кардани фишори буги сер чӣ бояд кард?
4. Магар қонунҳои гази идеалӣ барои бугҳои сер татбиқ мешаванд?
5. Буги носерро ба буги сер чӣ тавр табдил додан мумкин аст?

## § 40. Намнокии ҳаво. Намнокии мутлақ ва нисбӣ. Нуқтаи шабнам

Дар атмосфера, хусусан дар қабатҳои ба сатҳи Замин наздик аз ҳисоби бугшавӣ ҳамеша миқдори зиёди бугҳои об вучуд доранд. Мавҷудияти бугҳои об дар ҳаво яке аз шартҳои зарурии ҳаёт дар рӯи Замин аст. Фақат намнокии мӯътадили ҳаво барои ҳаёт ва фаъолияти



инсон шароити зарурӣ фароҳам меоварад. Намнокии зиёд ба як қатор равандҳои истеҳсоли, ниғаҳдории маводи хурока ва ғайра зарар дорад. Пас, зарурияти муайян кардани вобастагии дараҷаи намнокии ҳаво аз миқдори бугҳои об ба миён меояд. Чунин қор махсусан барои пешгуи обу ҳаво хеле зарур аст. Намнокии ҳаворо надониста обу ҳаворо пешгуи қардан мумкин нест, ҳол он ки ин маълумот ба кишоварзону кормандони нақлиёт ва ҳама соҳаҳои хоҷагии халқ зарур аст. Бо мақсади муайян намудани намнокии ҳаво миқдори бугҳои дар  $1\text{ м}^3$  бударо ҳисоб қардан зарур аст. Миқдори буги оби бо граммҳо ифода қардашудаи  $1\text{ м}^3$  ҳаворо **намнокии мутлақи ҳаво** меноманд. Яъне намнокии мутлақро аз рӯи зичии буги оби дар ҳаво мавҷудбуда муайян мекунад.

Миқдори буги дар  $1\text{ м}^3$  ҳаво бударо амалан чен қардан душвор аст. Вале маълум гашт, ки қимати ададии намнокии мутлақ аз фишори буги оби дар ҳамин шароит бо миллиметрҳои сутуни симоб ченқардашуда кам фарқ мекунад. Фишори газ бошад, ба осонӣ чен қарда мешавад. Аз ин рӯ дар ҳавосанҷӣ ба намнокии мутлақи ҳаво аз рӯи фишори буги об, ки бо миллиметрҳои сутуни симоб ифода қарда шудааст, баҳо медиҳанд.

Намнокии мутлақи ҳаворо дониста, оид ба андозаи хушкӣ ё намнокии он маълумоти пура додан мумкин нест, зеро намнокӣ ба ҳарорати ҳаво низ вобаста аст. Агар ҳарорат паст бошад, миқдори додашудаи буги оби ҳаво метавонад ба буги сер наздик бошад, яъне ҳаво намнок мешавад. Ҳангоми ҳарорати баланд ҳамоно миқдори буги об аз буги сер дур ва хушк буда метавонад. Масалан, ҳангоми намнокии мутлақи 6 мм сут.сим. ҳаво дар нисфирӯзии моҳи июл аз ҳолати серӣ хеле дур, вале рӯзи тирамоҳ ҳамоно миқдори буги об метавонад чунон сер бошад, ки дар ҳаво туман пайдо шавад.

Пас барои дониستاني дараҷаи намнокии ҳаво ба ҳолати серӣ наздик ё дур будани онро муайян қардан лозим аст. Бо ҳамин мақсад мафҳуми намнокии нисбиро истифода мебаранд. Нисбати намнокии мутлақ бар миқдори буги дар ҳарорати додашуда барои сер қардани ҳавои  $1\text{ м}^3$  зарурбударо, **намнокии нисбӣ** меноманд. Онро бештар бо фоизҳо ифода мекунад. Ба тарзи дигар гӯем, аз рӯи намнокии нисбии ҳаво мефаҳмем, ки намнокии мутлақ  $|\rho_M|$  кадом ҳиссаи зичии буги серро  $|\rho_C|$  ташкил медиҳад.

$$\varphi = \frac{\rho_M}{\rho_C} \cdot 100\% \quad (2.1.15)$$

Аз рӯи муодилаи Клапейрон-Менделеев

$$P = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{M} = \rho \frac{RT}{M}$$

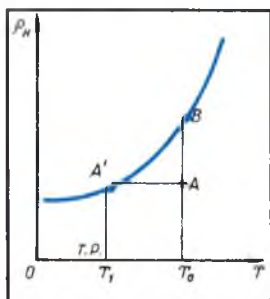
яъне  $P \sim \rho$  ва  $\frac{\rho_M}{\rho_C} = \frac{P_M}{P_C}$  мешавад. Аз ин рӯ, дар ҳавосанҷӣ ба сифати

намнокии нисбӣ нисбати фишори мавҷудаи буги оби ҳаво бар фишори буги обе, ки ҳаворо дар ҳамоно ҳарорат сер мекунад, қабул шудааст.

Намнокии нисбӣ на фақат аз намнокии мутлак, балки аз ҳарорат низ вобастагӣ дорад. Агар миқдори бугҳои оби ҳаво тағйир наёбад, бо пастшавии ҳарорат намнокии нисбӣ меафзояд, зеро буги об ба сершавӣ наздик мешавад. Барои ҳисоб кардани намнокии нисбӣ аз қиматҳои  $\rho_M$  (ё  $P_M$ ) истифода мебаранд, ки онҳо дар ҷадвали мувофиқ оварда мешаванд. Дар ҷадвали 1 қиматҳои зичӣ ва фишори бугҳои ҳавои сер дар температураҳои аз 0 то 30°С дода шудааст.

Ҷадвали 1.

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_{сн}, \text{г/м}^3$	$P_{сн}, \text{мм сүт. с.им}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_{сн}, \text{г/м}^3$	$P_{сн}, \text{мм сүт. с.им}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_{сн}, \text{г/м}^3$	$P_{сн}, \text{мм сүт. с.им}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_{сн}, \text{г/м}^3$	$P_{сн}, \text{мм сүт. с.им}$
0	4,8	4,6	8	8,3	8,0	16	13,6	13,6	24	21,8	22,4
1	5,2	4,0	9	8,8	8,6	17	14,5	14,5	25	23,0	23,8
2	5,6	5,3	10	9,4	9,2	18	15,4	15,5	26	24,4	25,2
3	6,0	5,7	11	10,0	9,8	19	16,3	16,5	27	25,8	26,7
4	6,4	6,1	12	10,7	10,5	20	17,3	17,5	28	27,2	28,4
5	6,8	6,6	13	11,4	11,2	21	18,3	18,7	29	28,7	30,0
6	7,3	7,0	14	12,1	12,0	22	19,4	19,8	30	30,3	31,8
7	7,8	7,5	15	12,8	12,8	23	20,6	21,1			



Расми 75

Вобастагии фишори буги сер аз ҳарорат ба таври графикӣ чун хати парабола (расми 75) тасвир карда мешавад. Буг дар нуқтаи А носер мебошад. Барои онро ба буги сер табдил додан ё то температураи  $T_1$  (нуқтаи шабнам) хунок мекунад, ё зичии онро (то нуқтаи В) зиёд мекунад.

**Масъалаи 1.** Ҳангоми температураи 18°С ва намнокии нисбии 50% ба сеҳи завод 20000 м<sup>3</sup> ҳаво гузаронидан лозим аст. Ҳавои беруна температураи 10°С ва намнокии нисбии 60% дорад. Барои он ки ҳавои аз берун додашуда ба қиматҳои зарурии ҳарорат ва намнокии мувофиқат кунад, чӣ қадар обро иловагӣ буг бояд кард?

**Ҳал.** Аз ҷадвали 1 зичии буги серро ҳангоми 18°С меёбем:

$\rho_c = 15,42 / \text{м}^3$ . Пас, дар 20000 м<sup>3</sup> ҳаво ҳангоми 18°С ва намнокии нисбии  $\phi_1 = 50\%$  бояд

$$m_1 = 15,42 / \text{м}^3 \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ м}^3 \cdot 0,5 = 154 \text{ кг}$$

буги об бошад. Аз ҳамин ҷадвал зичии буги серро ҳангоми  $t_2 = 10^\circ\text{C}$  меёбем, ки  $\rho_c = 9,42 / \text{м}^3$  аст. Пас дар ҳамон ҳаҷми ҳаво ҳангоми

температураи  $10^{\circ}\text{C}$  ва намнокии нисбии  $\varphi_2 = 60\%$

$$m_2 = 9,4 \text{ г/м}^3 \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ м}^3 \cdot 0,6 = 112,8 \text{ кг}$$

буги об мавҷуд аст. Ҳамин тавр, бояд иловагӣ

$$\Delta m = m_1 - m_2 = 41,2 \text{ кг}$$

об буг карда шавад.

Қаблан зикр кардем, ки намнокии нисбии ҳаво аз ҳарорат вобастагӣ дорад. Бигузор намнокии мутлақи ҳаво  $\rho_M$  ҳангоми температураи  $28^{\circ}\text{C}$  ба  $13,6 \text{ г/м}^3$  баробар бошад. Азбаски зичии буги сершуда  $\rho_C$  ҳангоми ин ҳарорат ба  $27,2 \text{ г/м}^3$  баробар аст (ниг. ба ҷадвали 1), пас намнокии нисбӣ  $\varphi_2 = \frac{13,6}{27,2} \cdot 100\% = 50\%$  -ро ташкил медиҳад. Фарз мекунем, ки ҳарорати ҳаво то  $16^{\circ}\text{C}$  паст шуд, вале намнокии нисбӣ бетағйир монд. Намнокии нисбии ҳаво ҳангоми ҳамин ҳарорат

$$\varphi_2 = \frac{13,6}{13,6} \cdot 100\% = 100\%$$

яъне буги оби таркиби ҳаво сер мешавад. Агар температура то  $10^{\circ}\text{C}$  паст шавад, аз ҳар метри мукааби ҳаво  $13,6 \text{ г} - 9,4 \text{ г} = 4,2 \text{ г}$  буг конденсатсия мешавад.

Ҳамин тавр, микдори буги ҳаворо тағйир надода, бо паст кардани ҳарорат намнокии нисбии ҳаворо то  $100\%$  расондан мумкин аст. Ҳароратеро, ки ҳангоми он намнокии нисбии ҳаво ба  $100\%$  мерасад, **нуктаи шабнам** меноманд. Дар мисоли боло нуктаи шабнам ба  $16^{\circ}\text{C}$  баробар аст. Агар ҳарорати ҳаво каме аз нуктаи шабнам пасттар шавад, конденсатсияи буг, яъне туман ва қатраҳои шабнам пайдо мешаванд.

**Масъалаи 2.** Бегоҳӣ температураи ҳаво  $18^{\circ}\text{C}$  намнокии нисбӣ  $65\%$  буд. Шабона ҳарорат то  $4^{\circ}\text{C}$  паст фаромад. Оё шабона шабнам ба вучуд омад? Агар ба вучуд омада бошад, пас аз  $1 \text{ м}^3$  ҳаво чӣ қадар буги об конденсатсия шуд?

**Ҳал.** Аз ҷадвали 1 зичии буги серро ҳангоми  $t=18^{\circ}\text{C}$  меёбем:

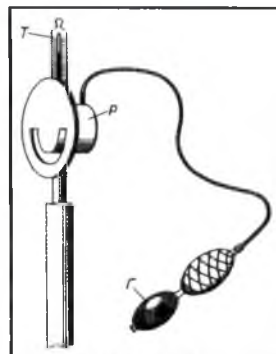
$$\rho_{C1} = 15,4 \text{ г/м}^3. \text{ Пас намнокии мутлақи ҳаво } \rho_M = \rho_{C1} \cdot \frac{\varphi}{100\%}, \text{ ё ки}$$
$$\rho_M = 10,01 \text{ г/м}^3$$

мешавад.

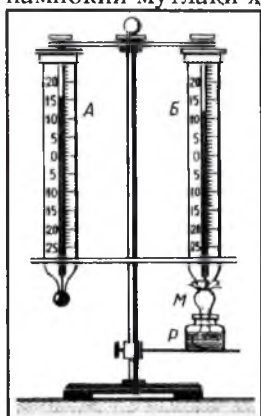
Ин зичии буги сери ҳарораташ  $\approx 11^{\circ}\text{C}$  (ниг. ҷадвали 1) аст. Пас, маълум мешавад, ки ҳангоми ҳарорати  $11^{\circ}\text{C}$  шабнам пайдо мешавад. Барои фаҳмидани он ки аз  $1 \text{ м}^3$  ҳаво ҳангоми то  $4^{\circ}\text{C}$  хунуккунӣ чӣ қадар буги об конденсатсия мешавад, аз ҷадвали 1 зичии буги сершудаи ба  $t_2=4^{\circ}\text{C}$  мувофиқбударо меёбем, ки  $\rho_{C2} = 6,4 \text{ г/м}^3$  аст.

Ҳамин тариқ, бузургии матлуб  $\Delta m = 10,01 \text{ г} - 6,4 \text{ г} = 3,61 \text{ г}$  мешавад.

Ҳарорати ба нуктаи шабнам мувофиқро ба қайд гирифта, намнокии мутлақи ҳаворо бо роҳи таҷрибагузаронӣ муайян кардан мумкин аст. Барои ин аз гигрометри конденсатсионӣ истифода мебаранд (расми 76). Вай аз танаи филизии (Р) девори пешаш ялаққосӣ суфташуда ва ба он ҳароратсанчи Т васл кардашуда иборат мешавад. Барои ба қор даровардани асбоб ба он каме эфир мерезанд. Бо ёрии дамаки резинии мурудшакл аз қабати эфир ҳаво гузаронида мешавад. Баъди бугшавии эфир ҳарорати деворҳои гигрометр паст мешавад. Ҳангоми ба нуктаи шабнам расидан, дар сатҳи девори пеши тана конденсатсияи буги ҳаво пайдо мешавад (сатҳи девор намнок мешавад). Ҳарорати ба ин лаҳза мувофиқи миқёси (шкала) ҳароратсанҷ нуктаи шабнам аст. Онро доништа, аз ҷадвал намнокии мутлақи ҳавои атропо муайян мекунанд.



Расми 76



Расми 77

Барои нисбатан зудтар муайян кардани намнокӣ аксар вақт аз психрометр (расми 77) истифода мебаранд. Вай аз ду ҳароратсанчи якхелаи А ва В иборат аст, ки тарафи симбодори (резервуар) яке аз онҳоро бо докаи (ё матоъ) М печонида, нӯги докаро даруни зарфи обдори Р мегузоранд. Об қад-қади матоъ боло баромада, буг шуда, сатҳи симоби ҳароратсанҷро хунук мекунанд. Нишондоди ҳароратсанчи намнок нисбат ба ҳароратсанчи хушк камтар мешавад. Агар суръати бугшавии оби сатҳи матоъ зиёд бошад, тафовути нишондоди ҳароратсанҷҳо зиёд мешавад. Суръати бугшавӣ аз намнокии нисбии ҳавои атропо вобастагӣ дорад. Яъне, намнокии нисбӣ кам бошад, суръати бугшавӣ зиёд мешавад.

Барои ёфтани намнокии нисбии ҳаво, аз ҷадвали махсуси психрометрӣ (ниг. ҷадвали 2), истифода мебаранд, ки барои ин доништани нишондоди ҳароратсанҷҳои хушқу намнок кофист.

**Масъалаи 3.** Агар бегоҳӣ дар лаби дарё ҳароратсанчи хушқи психрометр ҳарорати  $20^{\circ}\text{C}$  ва ҳароратсанчи намнок  $16^{\circ}\text{C}$ -ро нишон диҳад, сахарӣ дар қадом ҳарорат туман ба амал меояд?

**Ҳал.** Барои ба саволи масъала ҷавоб додан нуктаи шабнамро муайян кардан лозим аст. Нишондоди ҳароратсанҷҳои хушқу намнокро доништа, аз ҷадвали 2 намнокии нисбии ҳаво  $\varphi_2 = 66\%$ , аз ҷадвали 1 ҳангоми  $20^{\circ}\text{C}$  будани ҳарорат зичии буги сер  $\rho_c = 17,3\text{г}/\text{м}^3$  -ро ёфта, намнокии мутлақи ҳаворо ҳисоб мекунанд:

$$\rho_m = \rho_c \cdot \frac{\varphi}{100\%} \text{ ё ки } \rho_m = 11,42 \text{ г/м}^3$$

Ҷадвали 2.

Нишондоди ҳароратсанҷи хушк, °С	Нишондоди ҳароратсанҷи намнок, °С											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
15	52	61	71	80	90	100						
16	46	54	62	71	81	90	100					
17	39	47	55	64	72	81	90	100				
18	34	41	49	56	65	73	82	91	100			
19		35	43	50	58	65	74	82	91	100		
20			37	44	51	59	66	74	83	91	100	
21				39	46	52	60	67	75	83	91	100



### Саволҳои санҷишӣ

1. Бугҳои об дар атмосфера аз кучо пайдо мешаванд?
2. Намнокии мутлақ ва нисбии ҳаво чӣ маънӣ доранд?
3. Намнокии мутлақ ва нисбии ҳаворо дар ҳавосанҷӣ чӣ тавр муайян мекунамд?
4. Агар фарқи байни нишондоди ҳароратсанҷҳои психрометр кам шавад, намнокии бино чӣ гуна тағйир меёбад?
5. Нуқтаи шабнам чист?
6. Барои чӣ шабнам одатан наздикии субҳ ба вучуд меояд?
7. Пайдоиши туманро шарҳ диҳед.



### Машиқи 20

1. Конденсионер бояд ба сеҳи завод 50000 м<sup>3</sup> ҳавои температураи 15° С ва намнокии нисбиаш 40%-ро диҳад. Ҳавои аз куча ба сеҳ дохилшаванда температураи 0° С ва намнокии нисбии 80% дорад. Магар ҳавои ба сеҳ додашаванда бояд намнок шавад? Чӣ қадар об бояд иловагӣ буг ё аз ҳаво баргардонда гирифта шавад?
2. Ҳангоми 0° С будани температура намнокии нисбии ҳавои хона 80% буд. Агар температураи ҳаво то 20° С баланд шавад, намнокии нисбии он чӣ қадар мешавад?
3. Агар дар вақти кор ҳангоми ҳарорати 15° С намнокии нисбии ҳавои устохона 50% бошад, шабона ҳарорат бояд то қадом кимат паст шавад, ки дар сатҳи ашёҳои филизӣ конденсатсияи буги об ба амал наояд?
4. Тавассути психрометр муайян карданд, ки дар як бино ҳангоми температураи 0° С намнокии нисбии ҳаво 80%, вале дар бинои дигари ҳаҷман ба аввала баробар ҳангоми 20° С намноқӣ 50% аст. Ҳавои қадом бино бештар бугҳои об дорад?
5. Бо радио шунавониданд, ки беғохӣ температураи ҳаво ба 20° С баробар буда, намнокии нисбӣ 60% аст, вале пагоҳ сахарӣ температура 8° С мешавад. Оё шабнами субҳ ба ронандаи комбайн, ки ғалла медавад, ҳалал мерасонад?

## § 41. Хосиятҳои сатҳи моеъ. Энергияи сатҳ. Кашиши сатҳ

Моеъ ҳолати агрегатии модда буда, байни ҷисмҳои сахту газмонанд мавқеъ дорад. Аз ин рӯ вай қисман ба хосиятҳои моддаҳои газмонанду сахт молик аст. Моеъҳо чун ҷисмҳои сахт ҳаҷми муайян доранд ва монанди газҳо шакли зарфери мегиранд, ки дар он ҷой дода мешаванд. Молекулаҳои газ метавонанд ба самтҳои гуногун ҳаракат карда ҳаҷми зарфро пурра ишғол намоянд. Дар моеъ бошад, қувваҳои таъсири мутақобили байни молекулаҳо онҳоро дар масофаҳои муайян нигоҳ медоранд. Энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати ҳароратии молекулаҳо нисбат ба энергияи потенциалии миёнаи онҳо, ки натиҷаи таъсири мутақобили онҳо мебошад, хурд аст. Сабаби ҳаҷми муайян доштани моеъҳо бо он шарҳ дода мешавад, ки барои бартаарафкунии қувваҳои ҷозибаи байни молекулаҳо энергияи кинетикии миёнаи онҳо кифоят намекунад.

То солҳои 30-юми асри XX чунин меҳисобиданд, ки сохти моеъ ба газҳо монанд аст ва онҳо аз якдигар танҳо бо масофаи байни молекулавӣ ва қувваи таъсири мутақобилашон фарқ мекунанд. Вале тадқиқи моеъҳо тавассути нурҳои рентгенӣ ва як қатор маълумотҳои таҷрибавӣ нишон доданд, ки дар ҷойгиршавии зарраҳои моеъ тартиботи муайяне мавҷуд аст. Моеъҳо дар ҳароратҳои ба сахтшавӣ наздик дорои панҷараи кристаллианд. Дар фазои байни гиреҳҳои панҷараи кристаллӣ, кӯчиши молекулаҳо ба амал меояд. Бар хилофи ҷисмҳои сахт дар моеъҳо тартиботи номбурда на дар тамоми ҳаҷм, балки дар ягон соҳаи моеъ нигоҳ дошта мешавад. Ақидаи ҷойгиршавии бонизоми заррачаҳои моеъ аз ҳаҷми нуктаи назар аст ва ҳисоб мекунанд, ки аз ҷиҳати сохт моеъҳо ба ҷисмҳои сахт наздиктаранд.

Ҳар як молекулаи моеъ муддате дар ҳолати муайяни мувозинатӣ ларзида меистад. Баъзан ба масофаи баробари андозаи худ ҳаракат карда, мавқеи ҷойгиршавии худро дигар мекунад. Дар натиҷа молекулаҳои моеъ тадричан мекӯчанд. Вактсро, ки дар давоми он молекула дар назди мавқеи мувозинатии худ меларзад, вақти муқимияти он меноманд. Вай аз ҷинс ва ҳарорати моеъ вобастагӣ дорад (бо баландшавии ҳарорат кам мешавад). Таҷрибаи ҳаррӯза нишон медиҳад, ки моеъ хосияти ҷоришавандагӣ дорад ва чандир нест. Дар воқеъ, ҳатто таҳти таъсири қувваи ҳеле ночиз моеъ ба ҷоришавӣ шуруъ мекунанд, вале баъди қатъшавии таъсири қувва қабатҳои моеъ ба ҳолати пештараи худ бар намегарданд, зеро молекула ё ҳиссаҷаҳо аз ҳолати мувозинати худ мебароянд. Вале агар вақти таъсири қувва аз вақти муқимияти молекула кам ё баробар бошад, пас моеъ бо сабаби сохти кристаллӣ доштани шакли чандирашро нигоҳ медорад. Масалан, одам аз соҳил ба қӯл озод дохил мешавад, вале вақте аз баландӣ ба об мечаҳад, сахт

лат мехӯрад, зеро дар ин маврид (хангоми зарба) моеъ мисли ҷисми сахт муқовимат нишон медиҳад. Аз ин хосияти моеъҳо дар техникаи ҳозиразамон ба таври васеъ истифода мебаранд. Масалан, моеъе, ки аз сӯрохии хурд таҳти фишори баланд ғаввора зада мебарояд, хоросангро бурида метавонад. Ё бо ёрии гидромониторҳо, ки ғаввораи тавоноии обро бо фишори  $(10-20) \cdot 10^5$  Па ба вучуд меоранд, дар конҳои қушода ангишт истеҳсол мекунанд.

Таъсири қувваи вазнинӣ ва ҷоришавии моеъро инчунин бо мисоли уфуқӣ ҷойгиршавии сатҳи моеи ором шарҳ додан мумкин аст. Хангоми тағйирдиҳии шакли моеъ бетағйир мондани ҳаҷми онро бо мавҷудияти қувваҳои ҷозибавӣ байни молекулаҳои шарҳ додан мумкин аст.

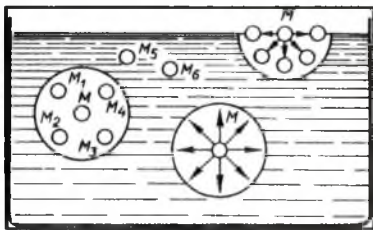
Бояд қайд намуд, ки моеъҳо низ дар шароитҳои муайян як қатор хосиятҳои ҷисми сахтро ба монанди муртӣ, мустаҳкамӣ, кандашавӣ ва дигарҳо зохир карда метавонанд.

Акнун қувваҳои таъсири муттақобили молекулаҳои моеъро муфассалтар муоина мекунем.

Қувваҳои молекулавӣ дар масофаҳои хеле хурд ( $10^{-9}$ м) таъсир мекунанд. Молекулаи М-ро дар дохили моеъ (расми 78) ва дар атрофи он қураи радиусаш муайянеро тасаввур мекунем. Фарз мекунем, ки радиуси қура ба масофаи таъсири молекулаҳои баробар аст. Пас мо соҳаҳои таъсири қувваҳои молекулавии молекулаи М-ро ба заррачаҳои дигар ҳосил мекунем. Ҳар як молекулаи дохили ин қура (масалан,  $M_1, M_2, M_3, M_4$ ) ба молекулаи М кашида мешавад (ба расми 78 тарафи чап нигаред). Заррачаҳое, ки берун аз ин қура ҷойгиранд (масалан,  $M_5$  ва  $M_6$ ) ба молекулаи М

ҷазб намешаванд, зеро онҳо радиуси таъсири қувваҳои молекулавии худро доранд. Дар дохили қура заррачаҳои бисёр дар атрофи зарраи маркази қура мунтазам тақсим мешаванд. Бинобар ин баробартаъсиркунандаи қувваҳои молекулавӣ, ки ба молекулаи М таъсир мекунанд, ба ҳисоби миёна баробари сифр мешавад. Аз ин сабаб қувваҳои кашиш дар дохили моеъ барои қучиши нисбии молекулаҳо садди роҳ намешаванд.

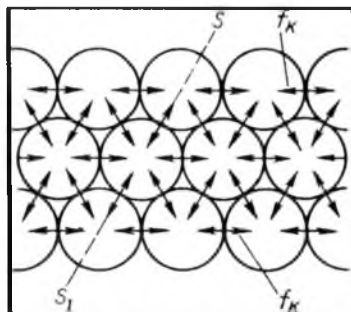
Ҳолати молекулаҳои дар сатҳи моеъ ҷойгириффта, масалан молекулаи М (расми 78 аз рост) дигар аст. Яъне шумораи заррачаҳо дар нимқураи поён назар ба нимқураи боло чандин маротиба зиёд аст. Аз ин сабаб баробартаъсиркунандаи қувваҳои таъсири муттақобили молекулаи қабати сатҳи моеъ ба заррачаҳои нимқураи болоӣ назар ба нимқураи поёнӣ то андозае хурд аст, ки онро ба эътибор нагирифтани мумкин аст. Ҳамин тариқ ба ҳар як молекулаи қабати сатҳи моеъ қуввае таъсир мекунанд ва онро ба қабатҳои дохилии моеъ мекашад. Маҳз аз ҳамин



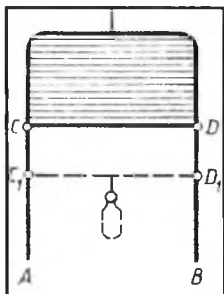
Расми 78

сабаб молекулаҳои қабати сатҳи моеъ дорои энергияи потенциали мешаванд.

Молекулаҳое, ки дар сатҳ мехобанд, аз тарафи молекулаҳои ҳамсоя низ кашида мешаванд. Як ғуруҳи молекулаҳоро қадқади хати рости  $SS_1$  (расми 79) интихоб мекунем. Молекулаҳо байни худ бо қувваҳои  $f_k$  (дар расми 79 бо акрабак нишон дода шудаанд) кашида мешаванд. Қатори муоинашавандаи молекулаҳо аз ду тараф бо молекулаҳои дигар ихота шудаанд, аз ин сабаб қувваҳои  $f_k$  нисбат ба ҳар як заррачаи алоҳида байни худ дар мувозинат мешаванд. Таъсири умумии ин қувваҳо сабаби мавҷудияти кашиши сатҳи моеъ мешавад. Онро ҳамчун қувваи  $F$ , ки ба ҳудуди сатҳи моеъ таъсир мекунад, тавсиф дода, **қувваи кашиши сатҳ** меноманд. Вай ба ҳар гуна элементи хатҳое, ки ҳамчун расанда ба сатҳи пардаи моеъ гузаронида шудаанд, перпендикуляр таъсир мекунад. Умуман, қувваи кашиши сатҳ тавре таъсир мекунад, ки ғӯе сатҳи моеъро кам мекарда бошад.



Расми 79



Расми 80

Мавҷудияти қувваҳои кашиши сатҳро дар таҷрибаҳои сода санҷидан мумкин аст. Сими росткунҷашакли як тарафаш ҳаракатнокро гирифта, ба кафки собун дохил мекунем (расми 80, СД), ки дар натиҷа пардаи собун ҳосил мешавад. Агар ба тарафи ҳаракатноки росткунҷа имконияти озод ҳаракат қардан диҳем, вай дар зери таъсири пардаи кӯтоҳшавандаи собун тадриҷан боло мебарояд. Барои дар мавқеи пештарааш ( $C_1D_1$ ) нигоҳ доштани тарафи ҳаракатноки росткунҷа, ба вай ягон бори иловагӣ овезон қардан лозим меояд.

Таҷрибаҳои муоинашуда аз мавҷудияти қувваҳои кашиши сатҳ шаҳодат медиҳанд.

Барои ба қувваи кашиши сатҳ миқдоран баҳо додан онро ҳамчун воҳиди ҳудуди дарозии қабати сатҳ муоина мекунам. Бузургии бо ин усул ёфтшударо кашиши сатҳ меноманд, ки он ба

$$\delta = \frac{F}{l} \quad (2.1.16)$$

баробар аст.

Ҳамин тариқ, кашиши сатҳ ба нисбати модули қувваи кашиши сатҳ  $F$ , ки дар ҳудуди қабати сатҳи дарозиаҳ  $l$  таъсир мекунад, бар бузургии ҳамин дарозӣ баробар аст. Барои моеъи додашуда  $\delta$  бузургии доимӣ буда, аз дарозии  $l$  вобастагӣ надорад. Дар системаи



байналхалки вохидхо (СБ) ин бузургї бо нютонхо бар метр (Н/м) ифода карда мешавад.

**Масъала.** Баъди қолаби ҳарфи П монандро (расми 80) аз кафки собун берун кардан, пардаи собуни пайдошуда кӯтоҳ шуда, бори массааш 1,14 г.-и ба сими уфукии дарозиаш 75мм овехташударо боло мебардорад. Кашиши сатҳ дар парда чӣ қадар аст?

**Ҳал.** Азбаски пардаи собун ду сатҳ дорад, пас қувваи кашиши сатҳ, ки ба тарафи ҳаракатноки қолаб таъсир мекунад ба  $F = 2\delta\ell$  баробар мешавад ва шарти кӯчиши пардаро ин тавр навиштан мумкин аст:

$$F = 2\delta\ell,$$

ки аз ин ҷо

$$\delta = \frac{mg}{2\ell} \approx 7,4 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$$

мешавад. Ин ҷо кашиши сатҳро аз муоинаи қувваҳои байни молекулаҳои қабати сатҳи моеъ таъсиркунанда муайян намудем. Аз рӯи тавсифи энергияи қабати сатҳ низ ба чунин натиҷа омадан мумкин аст. Фарз мекунем, ки зери таъсири қувваҳои кашиши сатҳ тарафи ҳаракатноки қолаб ба баландии  $h$  боло баромад. Пас, қувваи кашиши сатҳ кори  $A = 2\delta\ell h$  -ро иҷро кард. Мувофиқи қонуни бақои энергия аз ҳисоби ин кор энергияи потенциалии сими ҳаракатнок ба бузургии  $mgh$  зиёд шуд, яъне  $A = mgh$ . Бузургии  $2\ell h = \Delta s$  масоҳатест, ки сатҳи парда ба қадри он кам мешавад. Пас  $A = \delta\Delta s$  будааст, ки аз ин ҷо

$$\delta = \frac{A}{\Delta s} \quad (2.1.17)$$

ҳосил мешавад.

Кори қувваҳои молекули бешубҳа аз навъи моеъ ва шароити беруна вобаста аст. Формулаи (2.1.17) -ро истифода бурда ба кашиши сатҳ таърифи энергияи зерин додан мумкин аст: **кашиши сатҳ ҳангоми ба воҳиди масоҳат хурдшавии сатҳи моеъ ададан ба кори қувваҳои молекулавӣ баробар аст.**

Кашиши сатҳ бо ҷоул бар метри мураббаъ ( $\text{Ҷ}/\text{м}^2$ ) чен карда мешавад. Воҳидҳои энергиявӣ ва қуввагии ченкунии кашиши сатҳ ба якдигар мувофиқанд:

$$1\text{Ҷ}/\text{м}^2 = 1\text{Нм}/\text{м}^2 = 1\text{Н}/\text{м}$$

Ҳангоми баландшавии ҳарорат масофаи миёнаи байни ҳиссачаҳо афзуда қувваҳои кашиши молекулавӣ кам мешаванд, пас кашиши сатҳ бояд аз ҳарорат вобаста бошад. Таҷриба нишон медиҳад, ки бо афзоиши ҳарорати моеъ кашиши сатҳ кам мешавад ва дар нуқтаи атф (критикӣ), ки зичии моеъ ва буғ яхела аст, кашиши сатҳ ба сифр баробар мешавад.

Кашиши сатҳ аз омехтаҳои таркибии моеъ низ вобастагӣ дорад.

**Моддаҳое, ки кашиши сатҳи моеъро суст мекунад, моддаҳои сатҳан ғайол ном гирифтаанд.** Яке аз моддаҳои маъмули сатҳан

фаъл маҳлули собун мебошад. Собун кашиши сатҳи обро хеле (аз  $7,5 \cdot 10^{-2}$  то  $4,5 \cdot 10^{-2}$  Н/м) кам мекунад. Нисбат ба об эфирҳо, спиртҳо, нефт ва гайра сатҳан фаъл мебошанд. Аз нуқтаи назари молекулавӣ таъсири моддаҳои сатҳан фаъл бо он шарҳ дода мешавад, ки қувваи кашиши байни молекулаҳои худӣ моеъ назар ба қувваҳои кашиши байни молекулаҳои моеъ ва омехтаҳои он зиёдтар аст. Аз ин сабаб молекулаҳои моеъ, ки дар қабати сатҳ ҷойгиранд, назар ба молекулаҳои дохили моеъ бо қувваи зиёдтар кашида мешаванд. Дар натиҷа молекулаҳои моеъ аз сатҳ ба қабри он гузашта, молекулаҳои моддаи сатҳан фаъл ба сатҳ зич шуда мебароянд.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Сохти моеъ чӣ гуна аст?
2. Ҷояи дар моеъҳо мавҷуд будани ҷойгиршавии бонизомии зарраҷаҳо ро чӣ тавр мефаҳмед?
3. Кашиши сатҳро кадом қувваҳо ба вучуд меоваранд. Оид ба мавҷудияти кашиши сатҳи моеъ мисолҳо биёред.
4. Барои чӣ кашиши сатҳ аз ҳарорат вобаста аст.
5. Чӣ тавр бояд шарҳ диҳем, ки кашиши сатҳи филизоти гудохта бузург ва аз гази моеъ хеле кам аст.

### Машқи 21

1. Лавҳаи шишагинро ба динамометр овехта, баъди ба сатҳи моеъ расонидан боло мебардоранд. Барои кадоме аз моеъҳо симоб, об ё карасин ҳангоми аз сатҳ кандашавии лавҳа динамометр қувваи зиёдтарин нишон медиҳад.
2. Агар бо ёрии чакрарезе, ки қутри нӯғаш 0,4 мм аст, обро бо чакраҳои 0,01 г резондан мумкин бошад, пас кашиши сатҳи об чӣ қадар аст?

### Супориши таҷрибавӣ барои хона

Ба лаълича каме об рехта, ба болои он чор ҷубҷаи ғугирдро ҷунон гузоред, ки квадрат ҳосил шавад. Порҷаи собунро гиред ва ба сатҳи оби дохили квадрат расонед. Ҳодисаи мушоҳидашавадаро шарҳ диҳед.

Таҷрибаро такрор кунед.

## § 42. Таршавӣ. Капиллярнокӣ

Бо ин ҳодисаҳо шумо аз синфи 7 шиносед ва медонед, ки онҳо дар натиҷаи таъсири қувваҳои молекулавӣ ба вуқӯъ меоянд. Баъзе мисол ва таҷрибаҳои шиносро ба хотир меорем.

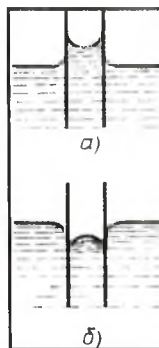
Дар сатҳи қоғазӣ равғанолуд ё парафинмолидашуда чакраҳои об шакли кура мегиранд, вале агар онҳо ба сатҳи шиша афтанд, тунук шуда мечаспанд. Дар сатҳи шиша низ қатраҳои алоҳидаи симобро мушоҳида мекунем. вале симоб дар сатҳи рух, мис ё оҳан тунук шуда мешорад. Пас моеъҳои гуногун дар ҳамон як сатҳи саҳт ҳархела рафтор мекунанд ва ҳамон як моеъ низ дар сатҳҳои моддаҳои гуногун яххела

рафтор намекунад. Яъне на дар хамаи мавридҳо моеъ сатҳоро тар мекунад.

Чисми сахтро тар кардани моеъ бо он шарҳ дода мешавад, ки кашиши байни молекулаҳои моеъ ва чисми сахт назар ба кашиши байни заррачаҳои моеъ зиёдтар аст. Дар мавриди чисми сахтро тар накардани моеъ кашиши байни молекулаҳои он назар ба кашиши молекулаҳои чисми сахту моеъ зиёд аст. Ҳодисаеро, ки дар худуди байни муҳитҳои гуногун (моеъ ва чисми сахт) ба амал меояд, батафсил муоина мекунем.

На фақат дар моеъҳо, балки дар чисмҳои сахт низ кашиши сатҳ мавҷуд аст. Байни молекулаҳои чисми сахт қувваҳои қозибаи байниҳамдигарӣ таъсир мекунанд. Дар натиҷаи таъсири мутақобили онҳо панҷараҳои кристаллӣ ташкил меёбанд. Хамаи гуфтаҳои боло оид ба шароитҳои махсусе, ки дар онҳо заррачаҳои қабати сатҳи моеъ қарор доранд, ба чисмҳои сахт низ мувофиқат мекунанд. Пас, чисмҳои сахт низ мисли моеъҳо кашиши сатҳ доранд.

Деворҳои зарфро тар кардан ё тар накардани моеъ аз шакли сатҳи моеъ дида мешавад. Агар миқдори зиёди моеъ ба зарфи кушод рехта шуда бошад, пас шакли сатҳи он аз рӯи қувваҳои вазниние, ки сатҳи ҳамвор ва уфуқии моеъро таъмин месозанд, муайян карда мешавад. Вале дар ҳар маврид сатҳи моеъ дар назди девораи зарф қач мешавад: моеъи девораро таркунанда дар девор боло баромада (расми 81, а) моеъи тарнакунанда паст мефарояд (расми 81, б). Шарҳи ин ҳодиса бо шарҳи боло (оид ба рафтори қатра) монанд аст.

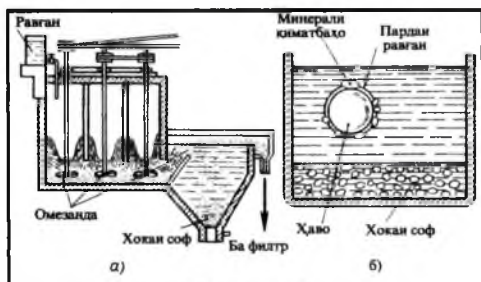


Расми 81

Ин ҳодиса дар амалия татбиқи васеъ дорад. Хусусан онро ҳангоми часпонидан, кафшеркунӣ, рангубори чисмҳо, равғанмолии қисмҳои соишхӯрандаи механизмҳо ва амсоли инҳо истифода мебаранд.

Масалан, ҳангоми флотатсия\* маъдани кӯҳиро, ки заррачаҳои

филизоти қиматбаҳо дорад, ба хокаи майда (0,1-0,01 мм) табдил медиҳанд. Ин хокаро бо оби равғандор меомезанд (расми 82,а). Дар натиҷа кафк пайдо шуда, ҳамроҳи ҳубобчаҳои хавоии бо пардаи равған ихотагашта заррачаҳои филизӣ ба боло мебароянд. Дар ин асно порчаҳои нодаркори хока, ки тар шудаанд, дар зарф



Расми 82

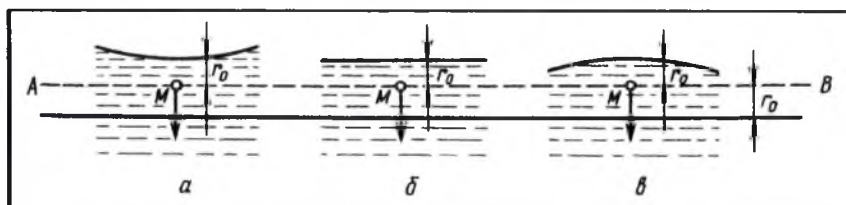
тахшин мешаванд (расми 82.б).

Агар аз маъдан чанд филизоти гуногунро чудо кардан лозим бошад, флотатсияро тақроран истифода мебаранд. Барои ин ба тағора чунин моддаҳои сатҳшон фаъолро меандозанд, ки онҳо қувваи кашиши сатҳи моеъро ба таври матлуб тағйир диҳанд. Дар натиҷа, ҳиссаҷаҳои филизоти лозима шино мекунанд ва боқимонда меғутад.

Ҳангоми коркарди механикии филизот, кофтани чуқуриҳо филиз ва хоҳахоро бо моеъҳои махсус тар мекунанд, ки ин коркарди онҳоро осон мекунад ва раванди корро метезонад.

Ҳангоми муоинаи кашиши сатҳ муқаррар намудем, ки ба молекулаҳои қабати сатҳ қувваҳои ба дохили моеъ самтдошта таъсир мекунанд. Фишореро, ки ин қувваҳо дар моеъ ба вучуд меоваранд фишори дохилӣ ё молекулавӣ меноманд. Ин фишор ба деворҳои зарф ва ба ҷисме, ки дар моеъ ғутонида шудааст, таъсир мерасонад. Маҳз бо ҳамин сабаб онро ба таври ҷенкуниҳои бевосита муайян мекунанд.

Фишори дохили моеъ аз шакли сатҳи он вобаста аст.



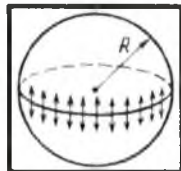
Расми 83

Инро нишон медиҳем. Бигзор се молекулаи якхелаи  $M$  дар ҳамон як чуқурии  $r_0$  зери сатҳҳои фуруҳамида (расми 83,а), уфуқӣ (расми 83,б), ва барҷастаи (расми 83,в) моеъ ҷойгир бошанд. Чуқурии  $r_0$  назар ба масофае, ки дар он қувваҳои таъсири мутақобили молекулаҳо вучуд доранд, хеле хурд аст. Молекулаҳои аз сатҳи  $AB$  поён ҷойгирбуда молекулаи  $M$ -ро ба қарри зарф ва молекулаҳои болоӣ онро боло мекашанд. Аз расм дидан мумкин аст, ки шумораи ҳиссаҷаҳои молекулаи  $M$ -ро боло кашанда дар сатҳи фуруҳамида назар ба ҳамвор зиёд, дар сатҳи барҷаста назар ба ҳамвор кам мебошанд. Пас фишори зери сатҳи фуруҳамида назар ба ҳамвор кам, аммо зери сатҳи барҷаста назар ба сатҳи ҳамвор зиёд аст. Дар зери сатҳи барҷастаи моеъ фишори иловагӣ ба вучуд меояд, ки ба поён самт дорад.

Фишори иловагиро дар ҳолати сатҳи сферӣ доштани моеъ ҳисоб мекунем. Барои ин тасаввур мекунем, ки ғуё қатраи курашакл аз ду нимкура ташкил ёфта бошад (расми 84). Пардаи сатҳи ин ду нимкура ба давраи дарозиаш  $2\pi R$  ( $R$  - радиуси қатра) маҳдуд гаштааст.

\* Флотатсия калимаи англисӣ буда, маънои аслиаш *рӯи об барамадан* аст. Дар саноати кӯҳӣ тоза кардани канданиҳои фиданокро тавассути об, ки раванди мураккаб аст, флотатсия меноманд.

Азбаски дар байни ҳар ду нимкура кашиши сатҳ амал мекунад, онҳо байни худ бо қувваи  $F = 2\pi R\sigma$  кашида мешаванд. Ин қувва нимкураҳоро бо сатҳи  $S = \pi R^2$  зич қарда, фишори иловагии



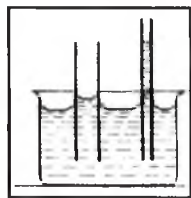
Расми 84

$$P = \frac{F}{S} = \frac{2\pi R\sigma}{\pi R^2} = \frac{2\sigma}{R} \quad (2.1.18)$$

-ро ба вучуд меорад ки ин ҷо  $\sigma$ -коэффитсенти кашиши сатҳ аст.

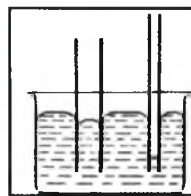
Формулаи 2.1.18 - ро, ки аз рӯи он фишори иловагии зерӣ сатҳи барҷастаи пардаи моеъро ҳисоб мекунам, формулаи Лаплас меноманд.

Агар сатҳи сферии моеъ фуруҳамида бошад, дар формулаи Лаплас R-ро бо -R иваз бояд қард.



Расми 85

Зимни татбиқи формулаи Лаплас ба ҳодисаи дигари физикӣ шинос мешавем. Нӯғҳои якчанд найчаҳои шишагини кутрашон ҳархеларо ба дохили зарфи обдор мегузorem (расми 85). Об дар даруни найчаҳо аз сатҳи моеъ болотар мебарояд. Ҳарчанд кутри найча хурд бошад, баландии об дар он бештар мешавад. Агар кутри найчаҳо калон набошад, тамоми сатҳи об дар онҳо қач мешавад. Сатҳи қачшударо **мениск**, найчаҳои борикро-**капилляр** ва баландшавии моеъро дар онҳо ҳодисаи **капиллярноқӣ** ё умуман **капиллярноқӣ** меноманд.



Расми 86

Агар найчаҳои шишагини капилляриро ба зарфи симобдор гузorem (расми 86), сатҳи симоб дар онҳо назар ба симоби зарф паст меистад.

Баландӣ ё пастии моеъро дар найчаҳои капиллярӣ ба осонӣ ҳисоб қардан мумкин аст. Агар моеъ деворҳои найчаро тар қунад, мениски онро ҳамчун нимкура қабул қардан мумкин аст. Радиуси мениск ба радиуси капилляр баробар ва фишори иловагӣ  $P = \frac{2\sigma}{r}$  мешавад. Зери таъсири ин фишор моеъ ба чунин баландии  $h$  мебарояд, ки фишори гидростатикӣ он  $\rho gh$  бояд фишори иловагии P-ро мувозинат намояд:

$$\rho gh = \frac{2\sigma}{r}$$

Аз ин ҷо баландии болоравии моеъ дар найчаи капиллярӣ

$$h = \frac{2\sigma}{r\rho g} \quad (2.1.19)$$

мешавад. Яъне, ин баландӣ ба кашиши сатҳ мутаносиби роста, ба радиуси найча ва зичии моеъ мутаносиби чаппа аст.

Формулаи (2.1.19) инчунин барои найчаи капиллярие, ки моеи тарнакунанда дорад, низ татбиқшаванда аст, фақат дар ин маврид  $h$  пастшавии сатҳи моеи найчаро ифода мекунад. Дар шароити лабораторӣ ҳангоми муайян кардани кашиши сатҳи моеъ аз ин формула истифода мебаранд.

**Маъсала.** Барои ҳангоми таршавии пурра об дар найчаи капиллярӣ ба 10 см боло баромадан радиуси найча бояд чӣ қадар бошад? Коэффисиенти кашиши сатҳи об ба  $7 \cdot 10^{-2} \text{Н/м}$  баробар аст.

**Ҳал.** Ҳангоми таршавии пурра модули қувваи кашиши сатҳ ба модули қувваи вазнинии сутуни моеъ баробар аст:

$$2\pi r \sigma = mg; 2\pi r \sigma = \rho g h \cdot \pi r^2$$

Аз ин муодила

$$r = \frac{2\sigma}{\rho g h} = \frac{2 \cdot 7 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}}{103 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 10^{-1} \text{ м}} = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

мешавад.

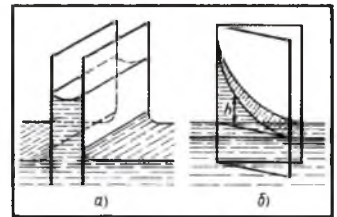
Ҳодисаи капиллярнокиро дар байни ду лавҳаи шишагини ба ҳам мувозӣ (расми 87,а) ё тахти кунҷ (расми 87,б) наздикҷойгиршуда мушоҳида намудан мумкин аст.

Капиллярноқӣ дар табиат, техника ва рӯзгор дучор меояд ва аз он мувофиқи мақсад истифода мебаранд.

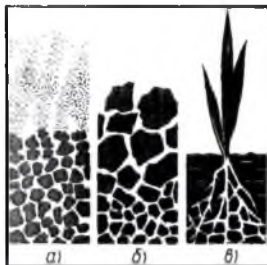
Гузаштани моддаҳои ғизоӣ аз хок ба растаниҳо (ба баргу шохаҳо) тавассути капиллярҳо ба амал меояд. Танаи растаниҳо аз шумораи зиёди рағҳои бориқе иборатанд, ки тавассути онҳо омехтаи намакҳо аз реша ба танаи растани мегузаранд.

Намнокии аз меъёр зиёди хок низ тавассути капиллярҳо кам мешавад, ки ин ба кишоварзон маълум аст (расми 88, а). Барои дар хок нигоҳ доштани намай бо роҳи шудгоркунӣ капиллярҳоро вайрон мекунад (расми 88, б.в).

Дар саноати сохтмон иншоотҳо бо назардошти ҷиҳатҳои матлуб ва зараровари ин ҳодиса бунёд карда мешаванд. Ҳатто дар хишт ва девори бетонӣ ҳам капиллярҳо мавҷуданд, ки ба воситаи онҳо об ба баландҳои муайян баромада, деворҳои биноро намнок мекунад. Аз ин рӯ, таҳкурсии ва деворҳои биноро обнагузаранда (гидроизолятсия) месозанд. Ҳангоми чиндани хишт сакичи гарм, сементи гидрофосиро истифода мебаранд. Дар байни таҳкурсии бино ва девор қабати тол, ширеш ва амсоли инҳоро гузошта намнокшавиро пешгирӣ мекунад.



Расми 87



Расми 88

Бо ҳодисаҳои капиллярӣ дар рӯзгор низ вомехӯрем. Имконоти истифодаи сачоқ, салфетка, пахтаи гигроскопӣ, доқа, когази намчинак ва ғ. маҳз бо мавҷудияти капиллярҳо шарҳ дода мешавад.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Таркунӣ (тар қардан)-и ҷисми сахтро чӣ тавр бояд шарҳ дод. Оид ба ҳодисаҳои таркунӣ ва тар нақардан аз фаъолият ва ҳаёти ҳаррӯзаатон мисолҳо биёред.
2. Магар моеъҳое, ки чун равғани молидани истифода мешаванд, сатҳи чузӯҳои (деталҳо) соишхӯрандари тар мекунанд?
3. Шақли сатҳи моеъ ва қимати фишори дохилӣ чӣ гуна вобастагӣ доранд?
4. Барои чӣ дар капиллярҳо моеи таркунанда боло ва моеи тарнақунанда паст ҷойгир мешавад?
5. Баландии болоравӣ ва фаромадани моеъ дар капилляр аз чӣ вобаста аст?
6. Намноқӣ бо танаи дарахт гузашта, то ба нуғи он меравад. Ин ба кадом ҳодисаи физикӣ мансуб аст? Ба баландҳои гуногун баромадани намнокиро дар танаи дарахтон чӣ таъмин менамояд?
7. Магар бо моил қардани капилляр (нисбат ба уфук) баландии сатҳи моеъ дар он тағйир меёбад?
8. Оид ба татбиқи ҳодисаи капиллярноқӣ дар техника, кишоварзӣ ва рӯзгор мисолҳо биёред.

### Машқи 22

1. Ба зарфе, ки оби гарм дорад, найчаи капиллярӣ фароварда шудааст. Магар баъди хунук шудани об сатҳи он дар найча тағйир меёбад?
2. Ҳангоми чен қардани кашиши сатҳ спирт дар найчаи капиллярии қутраш 0,15 мм ба баландии 7,6 см боло мебарояд. Мувофиқи натиҷаҳои гачриба кашиши сатҳи спирт чӣ қадар аст? Зичии спирт  $0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  аст.
3. Дар сатҳи Замин об дар найчаи капиллярии шишагӣ ба 1 см боло мебарояд. Об дар ҳамон найча дар сатҳи Моҳ ба кадом баландӣ боло мебарояд? ( $g_{\text{м}} = 1,6 \text{ м/с}^2$ )

## § 43. Ҷисмҳои саҳти кристаллӣ ва аморфӣ. Соҳти кристаллҳо.

Аз физика ва химияи синфҳои 8-9 Шумо аллақай медонед, ки ҷисмҳои сахтро аз рӯи хусусиятҳои онҳо ба ду гурӯҳ ҷудо кардан мумкин аст. Як гурӯҳро ҷисмҳои кристаллӣ ва гурӯҳи дигарро ҷисмҳои бешакл (аморфӣ) ташкил медиҳанд. Бо вучуди ин дар физика ба гурӯҳи ҷисмҳои саҳт асосан ҷисмҳои кристаллиро дохил мекунанд. зеро бо истиснои саҳтӣ ҷисмҳои аморфиро чун моеъҳои гализ муоина намудан мумкин аст.

Ҷисмҳои кристаллӣ тавре ки маълум аст, ҳар кадом ҳарорати муайяни гудозиш доранд. Гализии моддаҳои аморфӣ ҳангоми гармшавӣ кам мешавад ва онҳо тадричан мулоим шуда, ба ҳолати моеъ мегузаранд.



*Расми 89*

Кристаллҳо аз рӯи мавҷудияти қувваҳои мутақобили байни молекули аз ҳисмҳои аморфӣ фарқ мекунанд ва онҳо на танҳо ҳаҷм, балки шакли худро доимӣ нигоҳ медоранд. Дар шароитҳои табиӣ шакли ҳандасии (геометрии) дуруст доштан, нишонаи берунии асосии ҳар гуна кристалл аст. Мо шаклҳои тартиби муайяни ҳандасӣ доштани кристаллҳои яҳи сатҳи шишаҳои тиреза ва ё заррачаҳои барфиро (расми 89) дидаем. Шаклҳои дурусти кристаллҳои намаки ош, булури кӯҳӣ ва дигарҳоро дидан ба ҳама дастрас аст. Кристаллҳои алоҳидаро муоина намуда, бовар кардан мумкин аст, ки онҳо ҳамчун бисёррӯяҳои мунтазам аз якдигар бо рӯяҳои ҳамвор маҳдуд гаштаанд (расми 90).



*Расми 90*

Кристаллҳои ҳамон як модда шаклҳои гуногун дошта метавонанд, чунки шакли онҳо аз шароитҳои пайдоишашон вобастагӣ доранд. Масалан, маълум аст, ки кристаллҳои кварс – беранг, гулобӣ, сиёҳ ва ё тиллоранг мешаванд. Аз тарафи дигар барои кристаллҳои ҳар як модда кунҷҳои байни тегаҳо ва рӯяҳо мувофиқан яхела мешаванд, Масалан, кристаллҳои намаки ош дар намуди куб, параллелепипед ё призма ва ҳатто қисми шаклаш мунтазам вомехӯранд, вале дар қуллаи ҳар як кристалл се тега, ки байни худ кунҷҳои ростро ташкил медиҳанд, пайваст мешаванд. Айнан ҳамин тавр дар қуллаи кристалли шпати исландӣ се тега яққоя мешаванд, ки онҳо як кунҷи теги  $78^{\circ}08'1''$  ва ду кунҷи кунди ҳар кадом  $101^{\circ}51'1''$ -ро ташкил медиҳанд, Кунҷҳои байни рӯяҳои кристалли номаълумро чен карда, аз рӯи рӯйхати (каталог) махсус муайян кардан мумкин аст, ки кристалли кадом модда таҳқиқ мегардад.

Ин қонуни доимияти кунҷи байни рӯяҳои кристаллҳо аз тарафи М. В. Ломоносов чамъбаст карда шуда буд. Аз ин ҷо вай хулосаи хеле муҳиме баровард, ки шакли низомдори кристаллҳо бо қонунияти ҷойгиршавии заррачаҳои онҳо вобастагӣ дорад.

*Ломоносов Михаил Василевич (1711-1765) асосгузори илм, мутафаккир ва донишманди рус мебошад. Идеия бақои ҳаракатро дар табиат асоснок намуд ва қонуни бақои массаро исбот кард, тарафдори назарияи молекулавӣ-кинетикӣ ва газҳо буда, ҳодисаҳои ҳароратино ҳаҷмчун ҳаракати дохилии заррачаҳои микроскопӣ шарҳ медод.*



<sup>1</sup>  $78^{\circ}08'1''$  - «ҳафтоду ҳашт градусу ҳашт дақиқа» хонда мешавад.

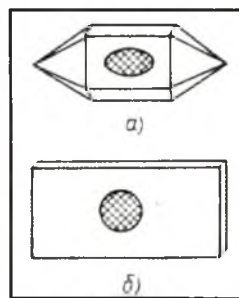


Асоси тахлили кристаллӣ-химиявӣ яъне аз рӯи шакли кристаллҳо (ё кунчи байни рӯяҳо) муайян кардани сохти химиявии моддаҳоро олими машҳури рус Е. С. Федоров (1853-1919) қор қарда баромадааст. Саҳми ӯ дар инкишофи илми кристаллҳо-кристаллография хеле бузург аст. Е. С. Федоров ченкуниҳои зиёди кристаллографӣ гузаронида, исбот қардааст, ки фақат 230 намуди гуногуни кристаллҳо вучуд дошта метавонанд. Баъзе намудҳои пешгӯикардаи ӯ баъдтар собит гаштанд.

**Монокристаллҳо ва поликристаллҳо.** Баъзан моддаи саҳт аз як навъ кристалл иборат буда метавонад, ки онро **монокристалл** меноманд. Масалан, порчаҳои қанд дар шақар, порчаҳои намак. булури кӯҳӣ ва ғайра монокристаллҳоянд. Мавридҳои дигаре низ имконпазиранд, ки ҳисм аз шумораи зиёди навъҳои гуногуни кристаллҳо таркиб меёбад. Мисоли чунин ҳисмҳо порчаҳои яҳи дар шишаҳои тиреза ҳаспида, нақшаҳои руҳ дар оҳани руҳандушуда ва умуман ҳамаи филизот шуда метавонанд. Тамоми филизҳо дар ҳолати саҳтӣ сохти кристаллӣ доранд. Кристаллҳои баъзе аз ин моддаҳоро ҳатто бо чашми оддӣ, масалан, чӯяни шикаста ё пӯлоди обутобдошударо бодикқат назар қарда, дидан мумкин аст. Кристаллҳои бисёр филизотро бо ёрии пурбин ё микроскоп дидан мумкин аст. Ҷисмҳои, ки аз маҷмуи навъҳои гуногуни кристаллҳои хурди бетартиб ҷойгирифта иборатанд, **ҷисмҳои поликристаллӣ** ё **полкристаллҳо** номида мешаванд. Ҳамин тариқ, тамоми филизот ҳолис набуда моддаҳои поликристаллӣ мебошанд.

Анизотропияи механикии монокристаллҳо, пеш аз ҳама дар дигар будани мустаҳкамии онҳо дар самтҳои гуногун зоҳир мешавад. Монокристаллҳоро ба ягон самт ба осонӣ ба қисмҳо ҷудо қардан мумкин аст. Масалан, порчаи абракро (слюда), ки кристалл аст, ба лавҳачаҳои хурд ҷудо қардан мумкин аст. Агар аз монокристалл қура сохта, онро бо зарбаи болға қафонеи кунҷҳои қисмҳои таркибӣ ба монокристалли ибтидоӣ монанд мешавад. Ин аз он дарак медиҳад, ки мустаҳкамии монокристалл дар ин самтҳо хурдтарин аст.

Ба анизотропияи ҳосиятҳои ҳароратии монокристаллҳо дар мисоли зерин боварӣ ҳосил қардан мумкин аст. Лавҳаҳои абрак (кристалл) ва шишагӣ (ҷисми аморфӣ)-ро бо қабати тунуки парафин пӯшонда, ба онҳо меҳчаҳои якхела гармқардашударо мерасонем. Мебинем, ки парафини дар сатҳи абрак ғудохташуда шакли эллипс (расми 91,а), вале дар сатҳи шиша буда, шакли доираро (расми 91,б) мегиранд. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки абрак бар хилофи шиша ба самтҳои гуногун гармигузаронии ҳархела дорад.



Расми 91

Ғайр аз ин дар монокристаллҳо муқовимати электрикӣ, суръати пахншавии рӯшноӣ ва як қатор бузургҳои дигари физикӣ дар самтҳои гуногун қиматҳои ҳархела доранд.

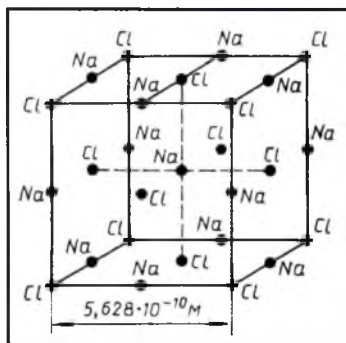
Ҷисмҳои поликристаллӣ, мисли ҷисмҳои аморфӣ-изотропианд, яъне ҳосиятҳои физикиашон дар ҳамаи самтҳо якхела мебошанд. Поликристаллҳо аз навъҳои гуногуни кристаллҳо таркиб ёфтаанд.

Анизотропияи кристалл дар ҳудуди ҳар як кристалли алоҳида ҷой дорад, аммо дар натиҷаи ҷойгиршавии (ориентатсия) бетартиб поликристалл, умуман, ба анизотропия молик нест, яъне изотропӣ аст. Кристаллчакое, ки ҷисми поликристаллиро ташкил медиҳанд, ҳарчанд хурд бошанд, ҳамон қадар якҷинса ва ба хосияти изотропии бештар молик мешаванд. Монокристаллҳо дар техникаю илми имрӯза татбиқи васеъ ёфтаанд, қариб тамоми асбобҳои нимоқили монокристаллианд, ки бо иловаи омехтаҳои махсус дорои хосиятҳои матлуб мешаванд. Электроникаи молекулаи соҳаи нави электроника буда, солҳои охир босуръат инкишоф меёбад, ки ба омӯзиши монокристаллҳо алоқаманд аст. Дар монокристалл хосилкунии қитъаҳои хосиятҳои гуногундошта имконият медиҳанд, ки қисмҳои алоҳида ё схемаҳои махсуси электронӣ сохта шаванд. Сохтани пурқувваткунандаҳои молекулаи ва генераторҳои пуриктидори микромавҷӣ-мазерҳо ва генераторҳои пуриктидори нурбарории диапазони оптикӣ-лазерҳо дастовардҳои бузурги солҳои охир ба шумор мераванд. Қисмҳои асосии намудҳои гуногуни ин қабил асбобҳо, ки пурқувваткунандаҳо ва генераторҳои квантӣ ном гирифтаанд, аз монокристаллҳо иборатанд.

Тадқиқи раванди сабзиши кристаллҳо, ошкор кардани хосиятҳои нави онҳо, ба вучуд овардани кристаллҳои нав – яке аз вазифаҳои муҳими физикаи муосир аст. Ҳоло тарзҳои махсуси сабзондани кристаллҳои ҳаҷман калон (даҳҳо сантиметр) маълуманд.

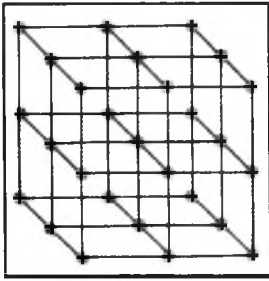
## § 44\*. Сохти дохилии кристаллҳо

Донистани вобастагии хосиятҳои физикии кристаллҳо аз самт ва мунтазамии шакли ҳандасии онҳо имконият медиҳад, ки тартиби ҷойгиршавии зарраҳои кристалл пешгӯӣ карда шавад. Чунин фарзӣро бисёр олимони пешниҳод кардаанд, вале танҳо дар ибтидои асри XX дурустии он бо ёрии нурҳои рентгенӣ таҷрибавӣ исбот гардид.



Расми 92

Мувофиқи тасаввуроти муосир зарраҳои кристалл ҳангоми ҳаракати ҳароратӣ дар наздикии ҳолати мувозинатии худ, ки гиреҳ ном дорад, меларзанд. Агар онҳоро «хаёлан» бо хатҳои рост пайваст кунем, пас «скелет»-и кристалл ҳосил мешавад. Чунин тасвири кристаллро **панҷараи фазои кристаллӣ** меноманд (расми 92). Дар он қитъаи хурдере (хучрача) ҷудо кардан мумкин аст, ки ҷойгиршавии зарраҳои он параллелепипедро ташкил намояд. Ин хучрача панҷараи кристаллии элементарӣ ном гирифтааст. Монокристаллро чун қўчиши мувозии ба масофаи тегааш баробарбудаи панҷараи элементарӣ тасаввур кардан мумкин аст. Яке аз панҷараҳои хеле оддӣ панҷараи намаки ошӣ (NaCl), расмҳои 92-93) аст. Вай шакли мукаабро (куб)

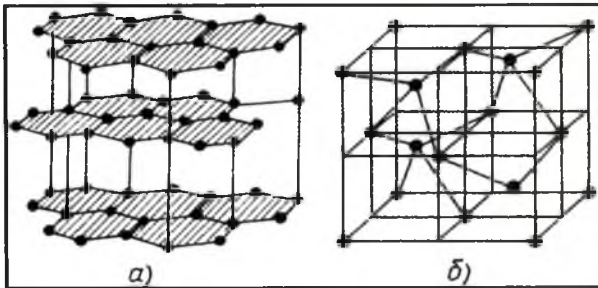


Расми 93

дорад, ки тегааш  $5,628 \cdot 10^{-10}$ м буда, дар гирехҳои он ионҳои натрий ва хлор ҷой гирифтаанд.

Панҷараи кристаллҳои дигар сохти нисбатан мураккаб доранд. Дар расми 94 панҷараи кристалли графит (а) ва алмос (б) тасвир ёфтаанд, ки дар гирехҳои онҳо атомҳои карбон ҷойгиранд. Гирехҳои панҷараҳои кристаллии дар расмҳои 89-91 овардашударо набояд ҳамчун молекула, атом ва ионҳо тасаввур намоем. Гирех мавқеи мувозинати заррача аст. Масофаи байни гирехҳо шартан масофаи байни марказҳои атомҳо ва молекулаҳо ро ифода мекунад. Панҷараи кристаллӣ инъикоси ҳақиқии

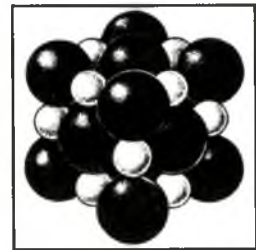
масофаи байни зарраҳо, андозаҳои нисбии онҳо нест. Дар асл атом ва молекулаҳо дар кристаллҳо мустаҳкам ҷой гирифтаанд, онҳо ба



Расми 94

ҳамдигар расида, мавқеи яқдигарро нигоҳ медоранд. Инро муқоисаи расмҳои 92 ва 95 тасдиқ карда метавонад. Дар расми аввал панҷараи кристалли намаки ошӣ ва дар дигараш модели маҳкам печидаи ионҳо дар кристалли он тасвир ёфтаанд (расми 95).

Вобаста аз табиати физикии қувваҳои, ки байни зарраҳои кристаллҳо таъсир мекунанд, чор намуди зерини кристаллҳо ва панҷараҳои кристаллӣ аз яқдигар фарқ мекунанд: **ионӣ, атомӣ, филизӣ** ва **молекулаӣ**, ки оид ба онҳо Шумо аз дарсҳои химияи синфи 8 маълумот доред.



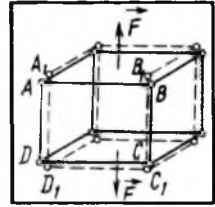
Расми 95

### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Нишонаи асосии зоҳирии кристалл аз чӣ иборат аст?
2. Анизотропияи кристаллро шарҳ диҳед.
3. Барои чӣ кристаллро аз рӯи самти муайян шикастан осонтар аст?
4. Чаро ҷисмҳои поликристаллӣ изотропианд?
5. Аз рӯи хосиятҳои ҳароратӣ анизотропияи монокристаллҳоро чӣ тавр муайян мекунанд?
6. Тафовути байни ҷисмҳои кристаллӣ ва аморфиро шарҳ диҳед.
7. Чиро панҷараи фазоии кристаллӣ меноманд? Мисолҳо биёред.
8. Намудҳои кристаллҳоро номбар кунед.

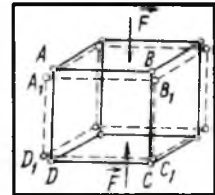
## § 45. Тазйики (деформатсия) чисмҳои сахт

Ҳар як зарраи кристалл (молекула, атом ё ион) дар ягон ҳолати мувозинатист, зеро қувваҳои таладиҳӣ ва ҷазбшавии зарраҳои кристалл баробаранд. Аммо агар таҳти ягон қувваи беруна зарра каме аз мавқеи мувозинатӣ берун шавад, пас дарҳол яке аз ин қувваҳо бартарӣ пайдо мекунад. Масалан, агар чисм ёзад (расми 96), масофаи байни зарраҳои кристалл меафзояд, қувваҳои кашиш нисбат ба қувваҳои таладиҳӣ бартарӣ пайдо карда, қўшиш мекунад, ки зарраҳоро ба ҳолати мувозинати пештара баргардонданд. Баръакс, агар чисм фишурда шавад (расми 97), қувваҳои таладиҳӣ бартарӣ ҳосил мекунад.



Расми 96

Мушоҳидаю бевосита чен кардани қувваҳои ба молекула, атом ё ионҳои алоҳида таъсиркунанда имконнопазир аст. Вале агар қувваҳои беруна шакл ва андозаҳои чисмро тағйир диҳанд (тазйик кунанд), қувваҳои чандирии дохилии ба онҳо муқобилтаъсиркунанда ба амал меоянд. Ҳамин тавр, қувваҳои чандирӣ баробартаъсиркунандаи (суммаи геометрии) қувваҳои мебошанд, ки байни зарраҳои чисм таъсир мекунад.



Расми 97

Ҳангоми сохтани машину дастгоҳҳо, иншоот, вақти коркарди молдаҳои гуногун доништан зарур аст, ки ин ё он қисми асбоб таҳти таъсири қувваҳо чӣ гуна тазйик меёбад. Дар кадом шароитҳо тазйиқи он ба кори муътадили машин таъсир намерасонад ва ғ. Ба омӯзиши ин қабил масъалаҳо илмҳои техникии муқовимати масолеҳ, қисмҳои машину механизмҳо, масолеҳшиносӣ ва ғ. машғуланд. Мо ин ҷо оид ба тазйиқи чисмҳо танҳо маълумоти ибтидоӣ мегирем.

**Ёзиш** (фишуриш). Дар синфи 9 моҳияти тазйиқи чандир, вобастагии байни шиддати механикӣ ва дарозшавии чисм (сим) – қонуни Хукро омӯхтем, ки мувофиқи он, ҳангоми тазйикшавии хурд шиддат ба дарозшавии нисбӣ мутаносиби роста, яъне

$$\delta = \varepsilon E \quad (2.1.20)$$

аст, ки ин ҷо  $\delta$  - шиддати механикӣ,  $\varepsilon$  - тазйиқи нисбӣ,  $E$  - модули Юнг (модули чандирӣ) мебошанд.

Дар амалия аксар вақт вобастагии дарозшавии мутлақи чисм  $\Delta \ell$  ва қувваи ба он гузошташуда ( $F$ )-ро ёфтан лозим мешавад. Дар ин маврид дарозии ибтидоии чисм  $\ell$ , масоҳати бурриши арзии он  $S$  ва навъи масолеҳ, яъне модули Юнг  $E$  бояд маълум бошанд. Азбаски

$\delta = \frac{F}{S}$  ва  $\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell}$  аст, формулаи қонуни Хукро барои ҳолати ёзиши

чисм ин тавр навишта метавонем:

$$\frac{F}{S} = \frac{\Delta \ell}{\ell} \cdot E$$

ё ки

$$F = \frac{ES}{\ell} \cdot \Delta\ell \quad (2.1.21)$$

**Масъала.** Миллаи оҳанини дарозиаш 1,5 метр зери таъсири қувваи 5000Н набояд бештар аз 0,3 м дароз шавад. Модули Юнг барои оҳан  $E=2 \cdot 10^{11} \text{Н/м}^2$  бошад, бурриши миллиро чӣ қадар бояд гирифт?

**Ҳал.** Мувофиқи қонуни Хук  $F = \frac{ES}{\ell} \cdot \Delta\ell$  аст.

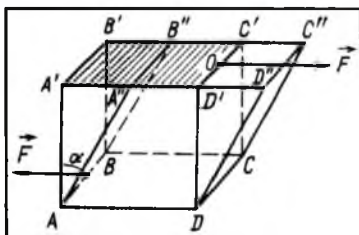
Аз ин ҷо

$$S = \frac{F\ell}{E\Delta\ell}; S = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 1,25 \text{ см}^2$$

мешавад.

Тазйиқи фишуриш аз рӯи табиати худ аз тазйиқи ёзиш фарк намекунад ва онро ҳамчун бузургии қиматаш манфӣ муоина намудан мумкин аст. Бо ин мақсад дар формулаи қонуни Хук пеш аз бузургии дарозшавии ҷисм аломати минус гузошта мешавад.

Тазйиқи ёзиш дар симтанобҳо ҳангоми бардоштани борҳо, кашидани мошин, амادҳо ва тазйиқи фишуриш дар сутуну таҳкурсии биноҳо, деворҳои хонаҳо, пояҳои кӯпрукҳо ва ғайра ба амал меоянд.



Расми 98

**Пешравӣ.** Ин намуди тазйиқ дар зери таъсири қувваҳо ба амал меояд, ки ба ду тегай муқобили ҷисм таъсир мекунад (расми 98). Ин қувваҳо чунин кӯчиши қабатҳои ҷисмро ба вучуд меоранд, ки ба самти қувваҳои таъсиркунанда мувозианд. Пас ҳар гуна параллелипипеди росткунҷаи ҳаёлан дар ҷисм ҷудокардашуда зери таъсири ин қувваҳо моилшакл мешавад. Дар аснои

тазйиқи пешравӣ ҳаҷми ҷисми тазйиқшуда тағйир намеёбад.

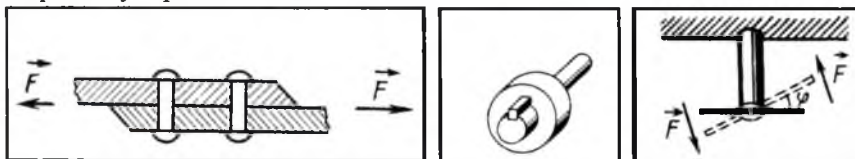
Одатан ба сифати ченаки тазйиқи пешравӣ кунҷи  $\alpha = A'AA''$  гирифта мешавад, ки қимати он аз рӯи нисбати кӯчиши  $A'A''$  бар баландии  $AA'$ -и параллелипипед муайян карда мешавад.

Қонуни Хукро барои тазйиқи пешравии чандир ин тавр таъриф додан мумкин аст: кунҷи пешравӣ  $\alpha$  ба қуввае, ки ба воҳиди масоҳати ҷисм таъсир мекунад мутаносиби роста аст:

$$\alpha = k \cdot \delta = k \cdot \frac{F}{S} \quad (2.1.22)$$

ки ин ҷо  $k$  - коэффисиенти пешравӣ мебошад.

Миллаҳои пайвастунанда, парчинҳои қисмҳои васлшаванда (расми 99), мурватҳои сохташон гуногун (расми 100) ва ғ. ба тазйиқи пешравӣ дучор мешавад.



Расми 99

Расми 100

Расми 101

**Тобхӯрӣ.** Як тарафи милаи шакли устунавӣ ва дарозии L-доштаро маҳкам карда, ба нӯги поёнии он бо ду қувваи баробару муқобилсамт таъсир кунем (расми 101), тазйиқи тобхӯрӣ ба амал меояд. Ҳангоми тоб додани милаи устунавӣ ташкилдихандаҳои он аз рӯи хатҳои печон тоб меҳӯранд, зеро қабатҳои тунуқи милла (ба тири устувона перпендикуляр) пеш мераванд.

Ба сифати ченаки тазйиқи тобхӯрӣ кунҷи  $\varphi$  қабул шудааст. Агар китфи ҳар кадоме аз қувваҳои ба милла таъсиркунанда  $F$ -ро бо  $\ell$  ифода кунем, пас  $M = F \cdot \ell$  мешавад.

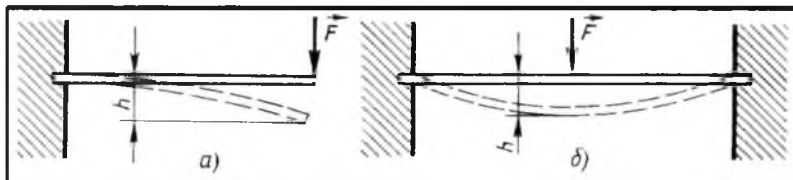
Қонуни Ҳукро барои тазйиқи тобхӯрӣ ин тавр таъриф додан мумкин аст: **кунҷи тобхӯрӣ  $\varphi$  ба моменти қувва  $M$  ва дарозии милла  $L$  мутаносиби роста аст:**

$$\varphi = \mu ML \quad (2.1.23)$$

ки дар ин ҷо  $\mu$  -коэффисиенти тобхӯрӣ мебошад. Ин коэффисиент на танҳо аз моддаи милла, балки бештар аз радиуси он вобастагӣ дорад.

Наварди машин, мурват, парма ба тазйиқи тобхӯрӣ дучор мешаванд.

**Ҳамшавӣ** (қатшавӣ). Тазйиқи ҳамшавӣ бештар дар техника дучор меояд. Ба ин намуди тазйиқ кӯпруқҳои калон, болорҳои биноҳои бузург, симҳои барқи шиддати баланд дучор мешаванд. Тазйиқи ҳамшавиро дар мисоли миллае, ки як нӯгаш маҳкам ва ба нӯги дигари озодаш қувваи  $F$  таъсир мекунад (расми 102,а) ё миллае, ки ҳар ду нӯгаш маҳкам ва ба миёнаҷояш ягон бор гузошта шудааст (расми 102, б), шарҳ медиҳем.



Расми 102

Ҳангоми ҳамшавӣ қисми барҷастаи қисм меёзад, вале қисми фуруҳаидаи он фишурда мешавад, яъне тазйиқи ҳамшавӣ ба тазйиқи ёзиш ва фишуриш оварда мерасонад. Азбаски ба қабатҳои мобайнии қисм амалан ҳангоми ҳамшавӣ ё муқовимат овардани қисм таъсире намерасад, тағйирёбии қисми дарунии қисмро ба эътибор нагирифта

мумкин аст. Маҳз бо ҳамин сабаб ба ҷои миллаҳои яқлӯхт, миллаҳои дарунқовок (қубурҳо), болорҳои ҷӯйборшақтро истифода мебаранд.

Зухуроти равшани инро дар шароитҳои табиӣ низ мебинем. Аксарияти устухонҳои инсон, ҳайвонот ва парандаҳо мисли найча дарунқовоканд. Шохаҳои бисёр растанӣ наботот низ ҷунинанд.

Ҳамин тариқ, аз намудҳои ёдоваршуда тазйикҳои ёзиш ва пешравӣ асосианд. Аксар вақт дар амалия ин намудҳои оддӣ тазйик яққоя мушоҳида мешаванд ва аз ин рӯ ҷудо кардани онҳо шартӣ ҳисобида мешавад.



### Саволҳои санҷишӣ

1. Оид ба тазйикӣ ёзиш мисолҳо биёред.
2. Қонуни Ҳукро барои тазйикӣ ёзиш ҷӣ тавр менависанд?
3. Ҷисмҳои мисол биёред, ки онҳо ба тазйикӣ пешравӣ дучор мешаванд.
4. Тазйикӣ ҳамшавӣ ба қадом намуд мансуб аст?



### Машиқи 23

1. Бо мақсади мустаҳкамӣ беҳтари қонструксияҳои оҳану бетонӣ онҳоро аз арматураҳои таҳти шиддати механикӣ қарордошта тайёр мекунанд. Сими пулодини қолабро таранг қашида, бетон мерезанд. Фаҳмонед, ки барои ҷӣ қонструксияҳои оҳану бетонӣ арматурааш таҳти шиддатбуда ба мустаҳкамӣ беҳтари механикӣ соҳиб мешаванд.

2. Бо ёрии шиканчае, ки қувваи  $1.5 \cdot 10^7 \text{ Н}$  ҳосил карда метавонад, қуби аз пулоди хрому никел тайёр кардашудаи тегааш 15 см ба 0.5 мм фишурда мешавад. Модули Юнг барои ин навъи пулод ҷӣ қадар аст?

3. Маълум аст, ки бетон ба тазйикӣ фишурдашавӣ хуб тобовар аст, аммо ҳангоми қашидашавӣ зуд вайрон мешавад. Ҳамвории оҳану бетоние, ки барои пушонидани сатҳи байни ошонаҳо лозим аст, ҷӣ гуна бояд сохта шавад?

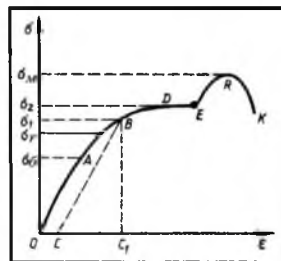
## § 46. Чандирият, муртӣ ва мустаҳкамӣ қисмҳои саҳт

Агар хатқашаки пулодинро ҳам қарда, сар диҳем рост шуда, шакли пештараашро мегирад. Пас зерӣ таъсири қувва қисм тазйик шуда, баъди қатъшавии таъсири қувва тазйик қурра бартараф гардид. Инро тазйикӣ чандирӣ меғунд ва қонуни Ҳукро ба ҳамин гуна тазйикҳо таътиқ қардан мумкин аст.

Ҳосияти қисми саҳтро, ки баъди қатъшавии қувва шакл ва ҳаҷми он барқарор мешавад, **чандирият** меғунд. Ҳангоми соҳтани қупрукҳо, бино, мошин ва дигар иншоотҳо ҳамеша шиддати механикиро бояд тавре интиҳоб намуд, ки тазйикҳои баамалоянда чандир бошанд, вагарна ҳодисаҳои номатлуб рух медиханд.

Таҷрибаро бо хатқашак аз нав тақор мекунем, вале ин дафъа онро беҳтар ҳам қарда мебинем, ки ба ҳолати пештарааш барнамегардад, яъне тазйик қурра бартараф намегардад. Тазйикеро, ки баъди қатъ гаштани таъсири қувва боқӣ мемонад, **тазйикӣ боқимонда** меноманд. Ҳосияти тазйикӣ боқимонда доштани қисмҳои **ҳосияти пластикӣ қисм** меноманд. Шиддатеро, ки ҳангоми он дар қисм пайдошавии тазйикӣ боқимонда оғоз меёбад, ҳудуди **чандири** қисм меноманд.

Дар расми 103 вобастагии таъйик (ёзиши нисбии сими оҳанин) аз шиддат нишон дода шудааст. Аз график дида мешавад, ки дар аввал мувофиқи қонуни Ҳук таъйик ба шиддат мутаносиб аст. Ба ин соҳаи таъйиқи чандир хати рости ОА мувофиқ меояд. Шиддати  $\sigma_{\delta}$  (нуктаи А)-ро ҳудуди мутаносибӣ меноманд. Ҳангоми аз  $\sigma_{\delta}$  то  $\sigma_r$  зиёд шудани шиддат мутаносибият каме вайрон мешавад, аммо таъйиқи чандир менамояд. Ин қитъаи график (порчаи АВ, ба хати рост хеле наздик) низ ба соҳаи таъйиқи чандир тааллуқ дорад, бинобар ҳамин аксар вақт байни қиматҳои  $\sigma_{\delta}$  ва  $\sigma_r$  фарқиат намегузоранд, нуктаи В-ро ҳамчун ҳудуди соҳаи таъйиқи чандир ҳудуди чандирӣ ҳисоб мекунанд.



Расми 103

Ҳангоми зиёдшавии ояндаи шиддат таъйиқҳои пластикӣ ба вучуд меоянд. Дар соҳаи чунин таъйиқҳо ҳангоми тадриҷан камшавии шиддат, масалан аз қимати  $\sigma_1$ , ки ҳангоми он дарозшавии нисбӣ ба  $OC_1$  баробар аст, таъйиқ ҳам аз  $\epsilon_1$  хати рости ВС то сифр кам мешавад ва баъди пурра барҳам хӯрдани шиддат дар ҳисм таъйиқи бузургиаш ОС боқӣ менамояд (таъйиқи боқимонда).

Дар аксарияти ҳисмҳои саҳт ҳангоми шиддатҳои назар ба ҳудуди чандирӣ  $\sigma_r$  хеле зиёд бо вучуди доимӣ мондани қимати шиддат (қитъаи ДЕ) дарозшавӣ мушоҳида мешавад. Шиддати  $\sigma_d$  ро, ки ҳангоми он таъйиқи пластикӣ ба амал меояд, ҳудуди сайлоният (шорӣ) меноманд.

Афзоиши ояндаи шиддат ба дарозшавии сусти намуна (қитъаи РК-и график) мувофиқ меояд. Дар охир чунин ҳолате мешавад, ки таъйиқи намуна сарфи назар аз камшавии қувваи таъсиркунанда (қитъаи РК-и график) то рафт меафзояд. Дар ин ҳолат дар ҳисм бориқшавии буриши арзӣ ва пайдошавии гарданаро мушоҳида мекунем, ки қандашавӣ маҳз ҳамин ҷо ба амал меояд.

Бори зиёдтаринеро, ки ба он намуна (то қандашавӣ) тоб меоварад, бори ҳудуди чандирӣ меноманд ва шиддати  $\sigma_m$ -ро, ки ба ин бори максималӣ мувофиқ аст, ҳудуди мустаҳкамӣ меноманд. Ба ҳудуди мустаҳкамӣ нуктаи R-и график мувофиқ меояд.

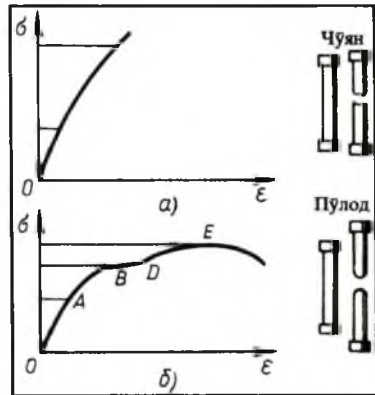
Чунин вобастагии шиддат ва таъйиқро дар дигар ҳисмҳои саҳт низ мушоҳида кардан мумкин аст. Тафовут фақат дар қимати ҳудуди чандирӣ  $\sigma_2$  ва ҳудуди мустаҳкамӣ  $\sigma_m$ -и онҳост. Дар баъзе ҳисмҳо  $\sigma_r$  аз  $\sigma_m$  хеле кам фарқ мекунанд, яъне дар онҳо таъйиқи пластикӣ амалан вучуд надорад ва таъйиқи чандир бевосита бо вайроншавӣ анҷом меёбад. Чунин моддаҳоро (чӯян, пӯлоди обутобёфта ва дигарҳо) мурт меноманд.

Хусусияти муҳими онҳо аз он иборат аст, ки пеш аз зоҳиршавии таъйиқҳои пластикӣ вайрон мешаванд.

Барои дурусттар фаҳмидани тафовути байни вайроншавии пластикӣ ва муртии моддаҳо графикҳои санҷиши намунаҳои якхелаи чӯян ва



пӯлоди мулоимро муқоиса мекунем. Инчунин намуди берунии ин намунахоро пеш ва баъди вайроншавиашон мушоҳида мекунем (расми 104). Дар пӯлоди мулоим вайроншавӣ тадричан бо пайдошавии гардана ба амал меояд. Дар чуян ҳудуди чандириро саҳеҳ муайян кардан душвор аст, зеро суръати гузариш аз қитъаи ростхатта ба қитъаи қачхаттаи график хеле суст аст, қитъаи сайлоният вучуд надорад ва намуна якбора вайрон мешавад.



Расми 104

Мармар, чинӣ, шиша, хишт низ моддаҳои муртанд. Аз тарафи дигар моддаҳоро ба пластикӣ ва мурт ҷудо кардан шартӣ аст, зеро раванди вайроншавии масолеҳ аз тарзи таъсири қувва ва ҳарорат вобаста аст.

Дар аксарияти моддаҳо  $\sigma_m$  нисбат ба  $\sigma_r$  хеле зиёд (сурб, қалъагӣ), баъзеи дигарашон (биринҷӣ) қариб шорой надоранд. Хосиятҳои чандирӣ ва пластикӣ ба ҳама ҳисмҳо хосанд. Оҳани дар ҳарорати ҳонагӣ чандирро то 800-900°C гарм кунем, вай нарм ва пластикӣ мешавад. Аз ин хусусияти оҳан ва маводҳои дигар дар техника ҳангоми коркард ва истехсоли тачхизоти филизӣ истифода мебаранд. Баръакс, маводҳои дар шароити муқаррарӣ мулоим ва пластикӣ ҳангоми хуноқиҳои баланд хосияти чандирӣ пайдо мекунанд. Чунончи, пружинаи аз сурб тайёркардашуда дар ҳарорати ҳавои моеъ (-183°C) чандирияти баланд пайдо мекунад, зангулаи сурбӣ аз сабаби хосияти пластикии зиёд доштани, ки дар шароити ҳона тамоман садо намедод, ҳангоми ҳарорати ҳавои моеъ бехтар аз зангулаи нукрагин садо медиҳад.

Яке аз тавсифоти механикии моддаҳо мустаҳкамӣ онҳост, зеро устувории эътимодноки иншоот ва мошинаҳои гуногун ба он вобаста аст. Худи мафҳуми мустаҳкамӣ қобилияти ба вайроншавӣ муқовимат доштани масолеҳро мефаҳмонад.

Қаблан қайд кардем, ки ҳар модда ҳудуди мустаҳкамӣ дорад, яъне дар зери шиддати муайян вайрон мешавад. Бинобар ин дар амалия шиддати имконпазирро тавре интиҳоб мекунанд, ки вай ягон қисми ҳудуди мустаҳкаморо ташкил диҳад. Ададҳо, ки аз шиддати имконпазир чанд маротиба зиёд будани ҳудуди мустаҳкаморо нишон медиҳад, **захираи мустаҳкамӣ ё коэффисиенти бехатарӣ** меноманд. Захираи мустаҳкамӣ вобаста аз намуди иншоот ва табиати қувваҳои одатан дар ҳудуди аз 2 то 10 гирифта мешавад. Захираи мустаҳкаморо ҳангоми қувваҳои доимӣ камтар гирифтани мумкин аст, вале он дар тачхизоте, ки зарбаҳои гуногунро қабул мекунанд ва қувваҳои тағйирёбанданд, бояд бештар бошад. Намунаи онҳо парраҳои тайёраҳо

киштиҳо, устувонаҳои муҳарриқҳои дарунсӯз, мили силоҳҳои артилерӣ ва ғ. мебошанд.

**Масъала.** Барои дар асоси девор  $8 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$  шудани шиддат хиштро то кадом баландӣ чиндан мумкин аст. Зичии хиштро  $\rho = 2400 \text{ кг/м}^3$  қабул кунед.

**Ҳал.** Баландии ниҳии деворро бо  $h$  ва масоҳати асоси онро бо  $S$  ишорат мекунем. Девор ба асос бо қувваи

$$P = mg = \rho Vg = \rho ghs$$

фишор меоварад ва дар он шиддати  $\sigma = \frac{P}{S}$ -ро ба вучуд меоварад. Ин шиддат набояд аз шиддати имконпазир, яъне  $\sigma_{ii} = \rho gh$  зиёд бошад.

Пас аз ин ҷо баландии матлуб

$$h = \frac{\sigma_{ii}}{\rho g} = \frac{8 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2}{2400 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2} \approx 34 \text{ м}$$

мешавад.

Зиёд намудани мустаҳкамии масолеҳ масъалаи муҳими илмию амалӣ аст. Ба ин мақсад онро бо таври ҳароратӣ фишурда, обутоб медиханд, ё ба он омехтаҳои мустаҳкамкунанда ҳамроҳ мекунанд. Барои ҳосил кардани моддаҳои бенуқсу мустаҳкамии зиёддошта тадқиқотҳои илмӣ идома доранд.



### Саволҳои санҷишӣ

1. Бо мисолҳо ҷисмҳои чандиру пластикиро шарҳ дода метавонед?
2. Шиша аз ҷиҳати сахтӣ аз пӯлоди обутобёфта (инструменталӣ) кам фарқ мекунад. Барои ҷӣ асбобҳои бурандари аз шиша тайёр намекунанд?
3. Зери мафҳуми мустаҳкамии масолеҳ ҷиро мефаҳманд?
4. Аз ҳаёти ҳаррӯзаи худ оид ба моддаҳои, ки захираи мустаҳкамии гуногун доранд, мисолҳо оварда метавонед?



### Машиқи 24

1. Крани С-464 то 5000 кг бор мебардорад. Агар чангаки он ба чор симтаноби ҳар кадомаш аз 300 сими қутрашон 0,4 мм иборатбуда овехта шуда бошад, пас муайян кунед, ки вай бо кадом захираи мустаҳкамӣ кор мекунад? Худуди мустаҳкамии пӯлод, ки аз он симтаноб тайёр карда шудааст ба  $9,8 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$  баробар аст.

2. Пӯлоди бинокории навъи 3 худуди мустаҳкамии  $4,5 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$  дорад. Чузъҳои, ки аз ин пӯлод тайёр карда мешаванд, бояд бо захираи мустаҳкамии 3 кор кунанд. Ҳангоми шартӣ мазкур кадом шиддати кашидашавии зиёдтарин қобили истифода аст?

## 2.2. АСОСҶОИ ТЕРМОДИНАМИКА

### § 47. Энергияи дохилӣ ва тағйирёбии он ҳангоми гармигузаронӣ ва кор

Маълум аст, ки ҳисмҳо аз атому молекулаҳо таркиб ёфтаанд ва онҳо дар ҳаракати доимии бетартиб мебошанд. Пас ҳар як молекула соҳиби ягон энергияи кинетикӣ мебошад. Дар байни заррачаҳои ҳисм қувваҳои кашишу теладиҳӣ таъсир мекунад, яъне онҳо соҳиби энергияи **потенсиалӣ** низ мебошанд. **Суммаи энергияҳои кинетикию потенсиалии тамоми молекулаҳои ҳисмро энергияи дохилии он меноманд.**

Таҷрибаи чандасраи ҳаётии одамон ва тадқиқотҳои илмӣ тасдиқ мекунад, ки тағйирдиҳии энергияи дохилии ҳисм бо ду роҳ: ё бо кориҷрокунӣ, ё бо гармигузаронӣ ба амал оварда мешавад.

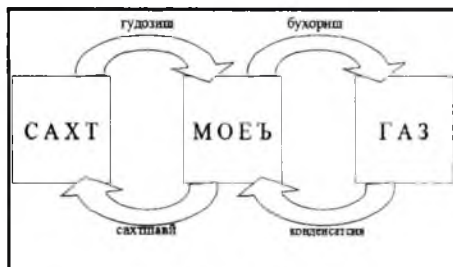
Миқдори энергияе, ки як ҳисм ба ҳисми дигар медиҳад, вобаста ба тарзи таҳвил гуногун мешавад. Агар тарзи таҳвил иҷрошавӣ кор бошад, пас энергияи додашударо кор мегӯянд. Агар нақли энергия бо тарзи гармигузаронӣ сурат гирад, пас энергияи бахшидашударо **миқдори гармӣ** меноманд. Яъне, миқдори гармихориҷкунӣ ҳамчун ченаки тағйирдиҳии энергияи дохилии ҳисм ё системаи ҳисмҳо хизмат мекунад.

Ба хотир меорем, ки миқдори гармӣ ( $Q$ ) ҳангоми гармигузаронӣ аз рӯи формулаи

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm(T_2 - T_1) \quad (2.2.1)$$

ҳисоб карда мешавад, ки дар ин ҷо  $m$ - массаи ҳисм,  $t_1$  ва  $t_2$  ҳароратҳои ибтидоию интиҳои ҳисм ва  $c$ - коэффисиенти мутаносибӣ ё **гармигунҷоини ҳоси модда** мебошанд.

Дар натиҷаи гармигузаронӣ ва кор моддаҳо ҳолатҳои агрегатии худро тағйир медиҳанд.



Расми 105

Равандҳои аз як ҳолати агрегатӣ ба ҳолати дигар гузаштани моддаҳоро ба таври нақшавӣ дар расми 105 دیدан мумкин аст. Шумо ба равандҳои номбурда аз синфи 7 шинос мебошед.

Кори механикӣ (соишхӯрӣ, тағйирёбии, резакунии ва ғ.)		$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$
Гармигузаронӣ	Гармшавӣ ва хунукшавии ҷисмҳо	$\Delta U = Q = cm(T_2 - T_1)$
	Гудозиш ва сахтшавӣ (кристаллизатсия)- и моддаҳо	$\Delta U = Q = \lambda \cdot m$
	Бугшавӣ ва конденсатсия	$\Delta U = Q = rm$
	Сӯзиши сӯзишворӣ	$\Delta U = Q = qm$

Агар дар мубодилаи гармӣ якбора якҷанд ҷисм иштирок наоянд, пас миқдори гармии хоричкардаи ҷисмҳо, ки энергияи дохилиашон кам мешавад, бояд ба миқдори гармии қабулкардаи ҷисмҳо, ки энергияи дохилиашон меафзояд, баробар бошад. Муодилаи мувозанатаи гармӣ ба шумо аз физикаи синфи 7 шинос аст ва дар асоси он бисёр масъалаҳои амалӣ ҳал карда мешаванд. Татбиқи онро дар ҳалли масъалаи зерин дида мебароем.

**Масъала.** Барои муайян кардани гармигунҷоиши хоси филизоти гудохташаванда намунаи массаи 200 г-и онро гирифта, то ҳарорати 500°C гарм карданд ва баъд онро ба калориметри биринҷии 150 г массадошта, ки 200 г оби ҳарораташ 15°C дошт, ғӯтониданд. Баъд аз ин дар калориметр ҳарорат 70°C шуд. Агар гармигунҷоиши об  $4,2 \cdot 10^3 \text{ Ҷ}/(\text{кг К})$ , аз биринҷӣ  $0,38 \cdot 10^3 \text{ Ҷ}/(\text{кг К})$  бошад, гармигунҷоиши хоси филизоти гудохташавандаро муайян кунед.

**Ҳал.** Дар мубодилаи гармӣ се ҷисм: калориметр, об ва намунаи гудохташаванда иштирок мекунанд. Намуна аз худ миқдори гармии  $Q_1 = c_1 m_1 (T_2 - T_1)$ -ро ҷудо мекунад.

Об ва калориметр миқдори гармиҳои  $Q_2 = c_2 m_2 (T_3 - T_2)$  ва  $Q_3 = c_3 m_3 (T_3 - T_2)$ -ро қабул мекунанд.

Муодилаи мувозанатаи гармиро менависем:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

ё ки  $c_1 m_1 (T_1 - T_2) = c_2 m_2 (T_3 - T_2) + c_3 m_3 (T_3 - T_2)$

Аз ин чо  $c_1 = \frac{(c_2 m_2 + c_3 m_3)(T_3 - T_2)}{m_1 (T_1 - T_2)}$ ,  $c_1 \approx 5,7 \cdot 10^2$  Ҷ/(кг К) ҳосил мекунем.

### ? Саволҳои санҷишӣ

1. Чиро энергияи дохилии система мегуянд?
2. Қадом намудҳои тағйирдиҳии энергияи дохилиро медонед?
3. Миқдори гармӣ чист?
4. Гармиғунҷоиши ҳоси қалъагӣ 130 Ҷ/(кг К) ва аз пӯлод 460 Ҷ/(кг К) аст.

Қадоме аз ин моддаҳо (қалъагӣ ё пӯлод) дар шароитҳои якхела зудтар гарм мешаванд?

### ! Машқи 25

1. 250 кг алюминийро дар температураи 660°С ғудохтанд. Агар ҳарорати алюминий пеш аз ғудохташавӣ 20°С бошад, тағйирёбии энергияи дохилии онро муайян кунед. Гармии ҳоси ғудозиши алюминий 3,9 · 10<sup>6</sup> Ҷ/кг аст.

2. Барои 10 кг яхӣ ҳарораташ -5°С-ро ғудохтан ва оби ҳосилшударо то 100°С гарм карда, ба буг табдил додан чӣ қадар миқдори гармӣ харҷ мешавад?

## § 48. Қонуни якуми термодинамика

**Назарияи ҳодисаҳои ҳарорагиро, ки сохти атомӣ-молекулавии ҷисмҳо ба ҳисоб намегирад, термодинамика меноманд.** Дар термодинамика барои тавсифи ҳодисаҳо мафҳумҳои «системаҳои термодинамикӣ» ё «равандҳои термодинамикӣ» истифода мешаванд.

**Маҷмӯи ҷисмҳои физикиро, ки аз таъсири мутақобил бо ҷисмҳои дигар озод шуморида мешаванд, системаи термодинамикӣ ва тағйиротро дар онҳо равандҳои термодинамикӣ меноманд.**

Энергияи дохилии ҷисм дар натиҷаи нақлёбии гармӣ ба муҳити атроф ё иҷрои қори система (ҷисм) зидди қувваҳои беруна тағйир меёбад. Ҳангоми дар як вақт ба амал омадани равандҳои номбурда низ чунин тағйирот ба амал омада метавонад. Аз физикаи синфҳои поёни медонед, ки тамоми равандҳо дар табиат ба қонуни бақо ва табдили энергия итоат мекунанд. Табиист, ки равандҳои тағйирёбии энергияи дохилии ҷисмҳо низ тибқи ин қонун мегузаранд. Хотирнишон мекунем, ки мувофиқи қонуни бақо ва табдили энергия: **дар ҳама равандҳои табиат энергия аз ҳеч пайдо намешавад, нест ҳам намешавад ва фақат ба миқдори баробар аз як намуд ба намуди дигар табдил меёбад.** Мувофиқи ин қонун тағйирёбии энергияи дохилии система  $\Delta U$  ба суммаи миқдори гармӣ ба он доданида ( $Q$ ) ва қори иҷрошуда ( $A^1$ ) баробар аст (яке аз таърифҳои қонуни якуми термодинамика):

$$\Delta U = Q + A^1 \quad (2.2.2)$$

Дар чунин ифодаи қонуни якуми термодинамика  $A^1$ -қори қувваҳои

беруна аст. Агар кори система муқобили қувваҳои берунӣ иҷро шавад, он гоҳ  $A' = -A$  гирифташ лозим аст. Дар ин маврид баробарии (2.2.2) шакли зайл мегирад:

$$\Delta U = Q - A$$

ё ки

$$Q = \Delta U + A \quad (2.2.3)$$

Баробарии (2.2.3) ифодаи дигари қонуни якуми термодинамика аст. Мувофиқи он миқдори гармии ба система воридшуда  $Q$  қисман барои зиёд шудани энергияи дохилӣ ( $\Delta U$ ) ва қисман барои иҷрои кори система ( $A$ ) сарф мешавад.

Қонуни якуми термодинамика хусусияти умумӣ дошта, барои тамоми ҳодисоти ҳароратии табиат иҷрошаванда мебошад. Ҳангоми кӯчиши механикӣ, дар натиҷаи соиш гармшавии ҷисмҳо, чоришавии ҷараёни электрикӣ дар симҳо, ҳодисоти рӯшноӣ, табилооти радиоактивии элементҳои химиявӣ ва ҳоказо – ҳама мувофиқи қонуни якуми термодинамика ба амал меоянд.

Кашфи таърихии ин қонун бо нақшаҳои сохтани мошине алоқаманд аст, ки аз берун гармӣ нагирифта, ба мӯҳлати беохир кор иҷро кунад. Дар термодинамика ин гуна мошинро «муҳаррики абадӣ»-и навъи якум меноманд. Азбаски дар ин маврид бояд  $Q=0$  бошад, бинобар ин  $A = -\Delta U$ , яъне система фақат аз ҳисоби камшавии энергияи дохилӣ кор иҷро мекунад. Аз ин ҷо хулоса мебарояд, ки сохтани «муҳаррики абадӣ»-и навъи якум ғайриимкон аст, зеро аз ҳисоби камшавии энергияи дохилӣ кори абадии ягон мошинро таъмин кардан мумкин нест.

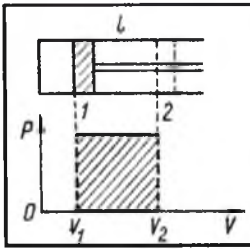
Дар натиҷаи гармигузаронӣ ба ҷисмҳои саҳту моеъ асосан энергияи дохилии онҳо зиёд мешавад. Вале дар мавриди гарм кардани газҳо кори аз тарафи гази васеъшаванда иҷро мешудагиро ба ҳисоб нагирифташ мумкин нест.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Қонуни якуми термодинамикаро таъриф дода метавонед? Оё формулаи онро медонед?
2. Кадом бузургӣ ҳангоми нақли гармӣ ба сифати ченаки энергияи дохилӣ хизмат мекунад?
3. Чӣ гуна мошинро «муҳаррики абадӣ»-и навъи якум меноманд? Барои чӣ сохтани он ғайриимкон аст?

## § 49. Кори газ ҳангоми васеъшавӣ

Дар муҳаррики ҳароратӣ, энергияи ҳангоми сӯختани сӯзишворӣ ҷудошуда ба энергияи механикӣ табилоқ меёбад. Раванди табилоқи энергия дар муҳаррики ҳароратӣ тавассути васеъшавии буг ё газ ба амал меоянд. Буг ё гази ҳарораташ зиёд таҳти фишори баланд



Расми 106

сохиби захираи зиёди энергия гашта, ҳангоми васеъшавӣ онро қисман ба поршени муҳаррик ё парраҳои турбина медиҳад. Инро нисбат ба амали муҳаррики реактивӣ низ гуфтан мумкин аст. Яъне дар ҳар маврид қор дар натиҷаи васеъшавии газ ба амал меояд.

Ба принсипи кори муҳаррики ҳароратӣ муфассалтар шинос мешавем. Фарз кунем, ки зери поршен массаи муайяни газ мавҷуд буда (расми 106) ҳарорати ибтидоии газ  $T_1$  ба ҳарорати муҳити атроф баробар аст. Баъди гармкунӣ газ ба васеъшавӣ сар мекунад. Энергияе, ки дар ин маврид ба газ дода мешавад, қисман ба васеъшавии газ, қисман барои иҷрои қор сарф мешавад.

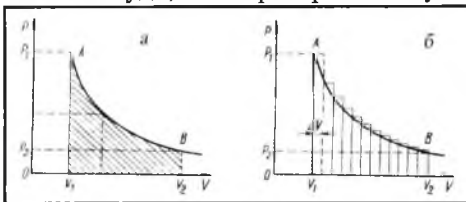
Биғузур ҳангоми то  $T_2$  баландшавии ҳарорати газ поршен ба ягон масофаи  $l$  кӯчида бошад. Газ изобарӣ васеъ шуда, поршенро тела медиҳад ва муқобили қувваҳои беруна қори  $A = PSl$ -ро иҷро мекунад, ки ин ҷо  $S$ -масоҳати поршен мебошад. Вале  $Sl$  тағйирёбии ҳаҷм  $V_2 - V_1$  аст. Аз ин ҷо

$$A = P(V_2 - V_1) \quad (2.2.4)$$

-ро ҳосил мекунем. Яъне қоре, ки газ ҳангоми васеъшавии изобарӣ муқобили қувваҳои беруна иҷро мекунад, ба ҳосили зарби фишори газ ва тағйирёбии ҳаҷми он баробар аст.

Аз тасвири графיקии раванди изобарӣ дар системаи координатаҳои  $P, V$  (расми 103) истифода бурда, дидан мумкин аст, ки қори газ одатан ба масоҳати росткунҷаи баландиаш  $P$  ва асосаш  $V_2 - V_1$  баробар аст. Агар газ изобарӣ фишурда шавад, қорро қувваҳои берунае иҷро мекунанд, ки энергияи потенциалии газро зиёд карданд. Ин қор ба таври графיקӣ бо ҳамон масоҳати пештара ифода меёбад.

Ҳисоб қардани қори газ ҳангоми равандҳои дигар душвортар аст, зеро барои онҳо фишор ( $P$ )-бузургии тағйирёбанда аст. Вале ҳангоми ҳар гуна раванд қори газро ададан ба масоҳати дар системаи координатаҳои  $V$  ва  $P$  тасвиршудаи раванд баробар гирифтани мумкин аст. Тарзи графיקии муайян қардани қори газро бештар ҳангоми сохтани конструксияҳои муҳаррикҳои ҳароратӣ дар техникаи гармо истифода мебаранд. Аз ин рӯ дар мисоли раванди изотермӣ бо татбиқи он шинос шудан ба мақсад мувофиқ аст. Дар ҳолати раванди изохорӣ  $V = \text{const}$  буда, газ қор иҷро намекунад.



Расми 107

Графיקи раванди изотермӣ ( $t = \text{const}$ ) дар системаи координатаҳои  $P$  ва  $V$  бо гиперболаи баробартарафи  $AB$  (расми 107, а) тасвир қарда мешавад. Вале қори газ ҳангоми васеъшавии изотермӣ, одатан ба масоҳати фигурае баробар

аст, ки бо тири  $V$  ва қиматҳои  $P_1$  ва  $P_2$ - ордината маҳдуд шудааст. Ин тасдиқро бо роҳи ба қитъаҳои хурд ҷудо кардани масоҳати фигураи қачқатгаи гипербола маҳдудкарда (расми 107, б), исбот кардан мумкин аст. Фарз кардан мумкин аст, ки ҳангоми тағйирёбии ночизи ҳаҷм фишор дар ҳама қитъаҳо доимист. Аз ин рӯ, кори васеъшавии газро ҷун масоҳати росткунҷаи борик тасвир кардан мумкин аст. Кори ба  $\Delta V = (V_2 - V_1)$  васеъшавии газ тақрибан ба масоҳати шакли (фигураи зинамонанд) ҳосилшуда баробар аст, ки дар натиҷаи ҷамъ кардани масоҳати қитъаҳои росткунҷаи хурд ҳосил мешавад. Табиист, ки масоҳати бо ин усул ёфтшуда аз масоҳати бо гипербола маҳдудгашта ба қадре калон мешавад, вале агар графикро ба шумораи зиёди қитъаҳои борик ҷудо кунем, афтиши фишор ба тағйироти ҳақиқии он наздик ҳоҳад шуд ва масоҳати ҳақиқии ададан ба кори васеъшавии газ баробарбударо ҳосил мекунем.

Усули ба қитъаҳои алоҳида ҷудо кардани масоҳатро истифода бурда, кори васеъшавии газро дар равандҳои гуногун тақрибӣ ҳисоб кардан мумкин аст.

**Масъала.** Газе, ки ҳаҷми  $V_1 = 11$  л-ро дорад, ҳангоми фишори  $10^5$  Па аз  $20$  то  $100^\circ\text{C}$  изобарӣ гарм шуд. Кори васеъшавии газро муайян кунед.

**Ҳал.** Кори васеъшавии газ ба  $A = P(V_2 - V_1)$  баробар аст. Азбаски газ изобарӣ гарм мешавад, пас  $V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1}$  ва аз ин ҷо  $A = PV_1 \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_1}$   
 $A = 300\text{ Ҷ}$  мешавад.



### Саволҳои санҷишӣ

1. Кори газ муқобили қувваҳои беруна ҳангоми васеъшавии изотермӣ ба таври графикӣ чӣ тавр ифода карда мешавад? Ин корро қувваҳои беруна ҳангоми фишурдашавии изотермӣ иҷро намоянд чӣ?

2. Ҷаро ҳангоми дар вакуум васеъшавии ҳавои фишурдашуда ҳарорати он паст мешавад? Магар ҳангоми ҳамин тавр васеъшавии гази идеалӣ пастшавии температура ба амал меояд?



### Машқи 26

1.  $1\text{ м}^3$  ҳавои температурааш  $0^\circ\text{C}$  дар устувона таҳти фишори  $2 \cdot 10^5$  Па ҷойгир аст. Ҳангоми ба  $10^\circ\text{C}$  васеъшавии изобарии ҳаво чӣ қадар кор иҷро мешавад?

2. Аз рӯи маълумоти ҷадвал графики раванди изотермиро соzed.

$V$ , л	10	15	20
$P$ , Па	$6 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$

3. Болгаи пневматикӣ аз ҳисоби энергияи ҳавои фишурдашуда кор иҷро мекунад. Барои чӣ ҳангоми кор яхбандии сатҳи берунии болга мушоҳида мешавад? Сабаби хунуқшавии онро шарҳ диҳед.

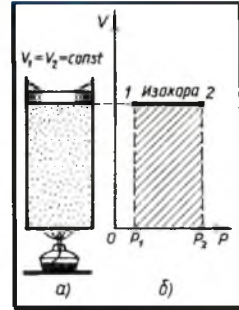


## § 50. Татбиқи қонуни якуми термодинамика дар равандҳои (протсесс) гази идеалӣ. Раванди адиабатӣ

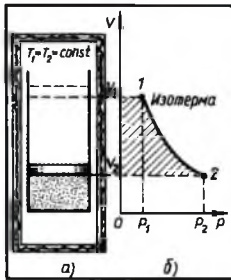
**1. Раванди изохорӣ.** Бигузур гази дохили устувона бо поршен маҳкам бошад (расми 108,а). Ба газ миқдори гармии  $Q$  мегузаронем. Азбаски дар ин маврид ҳаҷми газ бетағйир мемонад (расми 108,б), кори васеъшавии газ ба сифр баробар мешавад ва формулаи қонуни якуми термодинамика намуни зерин мегирад:

$$Q = \Delta U$$

Ҳамин тавр, ҳангоми тағйири изохории ҳолати газ тамоми миқдори гармии додашуда барои тағйирёбии энергияи дохилии он сарф мешавад.



Расми 108



Расми 109

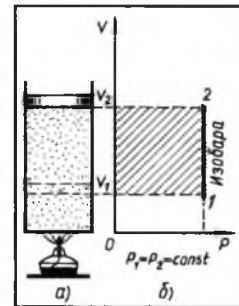
**2. Раванди изотермӣ.** Барои муоинаи раванди изотермӣ фарз мекунем, ки устувона даруни термостат ҷойгир аст ва ҳарорат доимӣ нигоҳ дошта мешавад (расми 109,а). Ба газ имконияти васеъшавӣ медиҳем, вале бояд ҳарорати он паст нашавад, барои ин вай бояд аз термостат миқдори гармии  $Q$  гирад. Азбаски энергияи дохилии гази идеалӣ аз ҳаҷм вобастагӣ надорад, пас ҳангоми тағйирёбии изотермӣ ҳолати энергияи дохилии он бетағйир мемонад ( $\Delta U = 0$ ) ва муодилаи қонуни якуми термодинамика ин тавр мешавад:

$$Q = A \quad (2.2.5)$$

Аз ин ифода бармеояд, ки ҳангоми раванди изотермӣ тамоми миқдори гармии ба газ додашуда барои иҷрои кор сарф мешавад. Гази идеалӣ ҳангоми васеъшавии изотермӣ аз ҳисоби миқдори гармии гирифтааш муқобили қувваҳои беруна кор иҷро мекунад; ҳангоми фишурдашавии изотермӣ қувваҳои беруна кор иҷро мекунанд, вале газ ба муҳити атроф миқдори гармии эквивалент медиҳад (расми 109,б).

**3. Раванди изобарӣ.** Барои раванди изобарӣ гази устувонаро (расми 110,а) гарм мекунем. Миқдори гармии додашуда қисман ба энергияи дохилии система гузашта, қисман барои иҷрои кори боло бардоштани поршен сарф мешавад:

$$Q = \Delta U + A \quad (2.2.6)$$



Расми 110

Ҳангоми васеъшавии изобарии газ миқдори гармии додашуда ба ҳосили ҷамъи кори иҷрокардаи газ ва тағйирёбии энергияи дохилии он баробар аст. Кори газ ҳангоми раванди изобарӣ ададан ба масоҳати

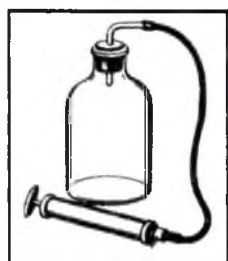
росткунчае (расми 110,6) баробар аст, ки бо изобара, тири ҳаҷмҳо ва изохораҳои ҳолатҳои ибтидоию интиҳои маҳдуд шудааст.



Расми 111

**4. Раванди адиабатӣ.** Ба чунин раванд то ҳол шинос нестед. Шояд шумо бо насос ҷарҳи велосипед ё тӯби волейболро дам карда, мушоҳида кардаед, ки дар ин вақт насос хеле гарм мешавад. Ин баландшавии ҳарорат на танҳо аз ҳисоби соиши байни поршен ва деворҳои насос, балки аз ҳисоби гармшавии ҳаво ҳангоми фишурдани ба амал меояд. Ҳодисаи гармшавии газро ҳангоми якбора фишурдани он инчунин дар таҷриба бо асбоби «Чақмоқи ҳавой» мушоҳида кардан мумкин аст (расми 111), ки он аз устувои деворҳои гафси шишагину поршен иборат аст. Дар қаъри устувои порчаи хурди пахтаи бо эфир таркардашударо мегузоранд ва поршенро якбора ба самти қаъри устуво ба ҳаракат меоранд. Пахта аланга мегирад.

Сабаби аланга якбора баландшавии ҳарорати ҳаво аст, ки дар натиҷаи зиёдшавии фишор ба амал меояд.



Расми 112

Ҳамин тавр, ҳангоми фишурдашавии газ энергияи дохилии он аз ҳисоби қори қувваҳои берунӣ меафзояд. Вале, агар аз берун энергия ворид нашавад, ҳангоми васеъшавии газ энергияи дохилии он кам мешавад. Инро дар таҷрибаи зайл дида мумкин аст. Ба зарфи шишагин (расми 112) аввал каме об, баъд дуд андохта, сипас ҳаворо дам мекунанд. Дар ин маврид оби дохили шиша бӯғ мешавад, ки ин аз баландшавии ҳарорати ҳавои дохили зарф шаҳодат медиҳад. Ҳангоми қимати муайяни фишори дохилии зарф пӯки даҳони шиша мепарад, ҳаво якбора васеъ шуда, аз зарф берун

меравад. Дар зарф тумани гафс пайдо мешавад, ки ин аломати хунукшавии ҳавост.

Дар мисолҳои боло ҳангоми фишурдашавӣ ва васеъшавӣ байни газ ва муҳити атроф додугирифтӣ гармиро ба эътибор нагирифтани мумкин аст, зеро тағйирёбии ҳолат хеле тез ба амал меояд ва фурсати мубодилаи гармӣ намешавад.

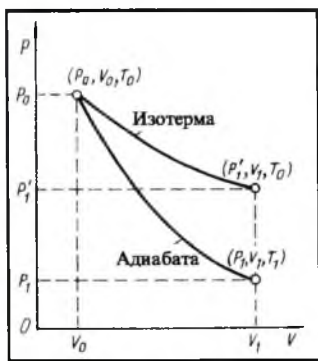
Ҳамин тавр, бе мубодилаи гармӣ байни газ ва муҳити атроф энергияи дохилии газ ҳангоми фишурдашавӣ афзуда ҳангоми васеъшавӣ кам мешавад. Ин ҳулоса аз қонуни якуми термодинамика бармеояд. Азбаски мубодилаи гармӣ вучуд надорад,  $Q=0$  аст ва

$$\Delta U = A \quad (2.2.7)$$

мешавад.

Ин чунин маъно дорад, ки ҳангоми васеъшавии газ аз ҳисоби энергияи дохилии қори мусбат иҷро мешавад ва сабаби хунукшавии газ мегардад. Ҳангоми фишурдашавии газ бошад, қори манфӣ иҷро мешавад ва энергияи дохилии он афзуда, гарм мешавад. **Раванди тағйирёбии ҳолати газро, ки бе мубодилаи гармӣ бо ҷисмҳои атроф мегузарад, раванди адиабатӣ меноманд.**

Табиист, ки истиснои пурраи мубодилаи гармӣ бо ҳисмҳои дигар аз имкон берун аст, зеро дар табиат моддаҳо вучуд надоранд, ки тамоман гармиро аз худ нагузаронанд. Вале газро чунин фишурдан ё васеъ намудан мумкин аст, ки мубодилаи гармӣ ҳеле кам бошад. Масалан, ҳангоми якбора фишурдашавӣ ё васеъшавӣ мубодила бо муҳити атроф кимати ночиз дорад, бинобар ин дар ягон муддати кӯтоҳи вақт  $Q=0$  гуфта, ин равандро чун равандҳои адиабатӣ муайян намудан мумкин аст. Чунин ҳодисаро дар таҷриба бо «Чакмоқи хавоӣ» ва зарфи шишагин мушоҳида намудем. Фишурдашавии моддаи сӯзандаро дар устувои муҳаррики ҳароратӣ раванди адиабатӣ ҳисобидан мумкин аст.



Расми 113

Раванди тағйирёбии адиабатии ҳолати газро дар муқоиса ба равандҳои дигар графикӣ тасвир кардан мумкин аст. Графикҳои ин равандро адиабата меноманд (расми 113). Ҳангоми васеъшавии адиабатӣ назар ба изотермӣ фишори газ ба зудӣ кам мешавад, зеро афтиши фишор на танҳо аз рӯи зиёдшавии ҳаҷм (чун раванди изотермӣ), балки инчунин аз рӯи қатъшавии ҳарорат ба вучуд меояд. Бинобар ҳамин адиабата аз ҳамон як нуқтаи ҳолати газ аз изотерма пасттар мегузарад.

Оташгирии моддаи сӯзанда дар муҳаррики дизелӣ ба ҳодисаи гармшавии ҳаво ҳангоми якбора фишурдашавӣ асос карда шудааст. Бар хилофи муҳаррики карбюраторӣ дар устувоҳои ин муҳарриқҳо моддаи сӯзанда не, балки ҳавои атмосфера кашаида мешавад. Ҳангоми фишурдашавии якбора ҳарорати ҳаво меафзояд ва дар интиҳои фишурдашавӣ ҳарорати он ҳатто аз ҳарорати аланга гирифтани сӯзишворӣ бештар мешавад. Дар ин лаҳза тавассути форсунаки махсус сӯзишворӣ нош меҳӯрад ва он ба ҳавои тафсон расида, оташ мегирад.

Ҳангоми кори компрессорҳои тавононашон зиёд ҳавои фишурдашуда ба дараҷае гарм мешавад, ки деворҳои устувои кориро хунук кардан лозим меояд, вагарна оташ гирифтани равандҳои молидани ва фалокат аз эҳтимол дур нест. Аз ин рӯ аз ҷӯйчаҳои махсуси деворҳои устувои оби хунуккунанда мегузаронанд.



### Саволҳои санҷишӣ

1. Магар ҳангоми тағйироти изохорӣ ҳолати газ қор иҷро мешавад?
2. Газ изотермӣ фишурда мешавад? Оё дар ин вақт энергияи дохилии он тағйир меёбад? Барои чӣ?
3. Муодилаи қонуни якуми термодинамикаро барои тағйирёбии изобарии ҳолати газ навишта метавонед?
4. Фарқияти раванди адиабатӣ аз изоравандҳо дар чист?
5. Ҳангоми адиабатӣ васеъшавии газ қор аз ҳисоби кадом энергия иҷро мешавад?

6. Муодилаи қонуни якуми термодинамикаро барои тағйирёбии адиабатии ҳолати газ навишта ва шарҳ дода метавонед?

7. Барои чӣ бугҳои оби атмосфера дар баландҳои муайян конденсатсия шуда, абр ва туманро ташкил медиҳанд?

## § 51. Бебозгаштии равандҳои ҳароратӣ

Қонуни якуми термодинамика барои равандҳои ҳароратӣ ифодаи қонуни бақо ва табилии энергия аст. Вале ин қонун оид ба самти гузариши равандҳо ва имконпазирии табилооти энергия система маълумот намедиҳад. Аз нуқтаи назари қонуни якуми термодинамика ҳар гуна раванде, ки дар он миқдори энергия бетағйир мемонад, имконпазир аст. Инро бо мисолҳо шарҳ медиҳем.

Фарз кунем, ки ду ҷисми ҳароратҳои гуногуни  $T_1$  ва  $T_2$  доштара ба ҳам мерасонем. Мубодилаи гармӣ тавре мегузарад, ки қисме аз энергияи ҷисми нисбатан гарм ба ҷисми нисбатан хунук мегузарад. Вале аз ҷисми нисбатан хунук ба ҷисми гарм гузаштани гармиро низ қонуни якуми термодинамика рад намекунад, ба шарте, ки захираи энергияи дохилӣ бетағйир монад. Аммо таҷриба нишон медиҳад, ки гузариши гармӣ аз ҷисми нисбатан хунук ба ҷисми гарм худ ба худ ба амал намеояд. Гармӣ худ ба худ фақат ба як самт – аз ҷисми гарм ба ҷисми хунук мегузарад. Гузаронидани гармиро ба самти муқобил аз ҷисми хунук ба гарм танҳо дар натиҷаи иҷрои кор ба амал овардан мумкин аст.

Айнан ҳамин тавр газе, ки ҳаҷми зарфро ишғол намудааст, ҳеҷ гоҳ худ аз худ дар ягон қисми зарф ҷамъ намешавад. Барои ин газро фишурда кор иҷро кардан лозим меояд.

Ё ҳангоми аз ягон баландӣ афтидани санг тамоми энергияи потенциалии он ба энергияи дохилии ҳуди санг ва ҷисмҳои дигар табилад меёбад. Яъне қонуни бақои энергия вайрон намешавад, вале раванди баръакс, ки ҳангоми он ба санги сатҳи Замин аз ҷисмҳои атроф ягон миқдори гармӣ гузашта, дар натиҷа он ба баландии пештара барояд, номумкин аст.

Ин қабил мисолҳоро бисёр овардан мумкин аст. Ҳамаи онҳо аз он шаҳодат медиҳанд, ки қонуни якуми термодинамика нисбат ба табилии энергия ягон маҳдудият намегузорад. Илова бар ин таҷриба нишон медиҳад, ки шаклҳои гуногуни энергия аз ҷиҳати дараҷа ба дигар шаклҳо табиладшавиашон яқхела нестанд. Энергияи механикиро ба энергияи дохилии ягон ҷисм пурра табилад додан мумкин аст. Дар ҳақиқат ҳам бо соиш энергияи дохилии ҷисмро зиёд карда, баробари кори иҷрошуда гарм кардан мумкин аст. Аммо барои ба намудҳои дигар табилад додани энергияи дохилӣ маҳдудияти муайян мавҷуд аст. Ин маҳдудият аз он иборат аст, ки дар баъзе мавридҳо захираи энергияи дохилӣ пурра ба намудҳои дигари энергия табилад намеёбад. Самти ҷоришавии равандҳои табиат маҳз ба ҳамин ҷиҳати табилооти энергӣ алоқаманд аст.

Нақли гармӣ аз ҷисми тафсон ба ҷисми хунук, табилии энергияи механикӣ ба дохилӣ, васеъшавии газ дар вакуум – ҳамаи ин мисолҳои равандҳои бебозгаштанд. Раванди бе ягон тағйироти муҳити атроф ба

холати ибтидоӣ баргаштани системаро **раванди баргарданда** меноманд. Агар чунин имконияти бозгашт вучуд надошта бошад, яъне баъди анҷоми раванд дар ҷисмҳои атроф ё дар системаи мазкур ягон тағйирот ба амал омада бошад, он гоҳ раванд **бебозгашт** ҳисобида мешавад.

Ҳамаи равандҳои болотар муоинашудаи изотермӣ, изобарӣ, изохорӣ ва адиабатӣ равандҳои бевозгаштанд. Масалан, ҳангоми изотермӣ фишурдашавии газ қисме аз гармӣ тавассути деворҳои зарф ба муҳити атроф мегузарад ва он ҳеч гоҳ худ аз худ ба газ бар намегардад ва ба энергияи механикӣ поршен табдил намеёбад.

Амалан ҳангоми ҷоришавии тамоми равандҳои табиат гарминақҷунӣ ва соиш ҷой доранд ва аз ин рӯ онҳо бевозгаштанд. Раванди баргарданда мафҳуми абстрактӣ аст. Мавқеи мафҳумҳои раванди баргарданда дар термодинамика, нуқтаи материалӣ дар механика ё гази идеалӣ дар физикаи молекулавӣ яхела аст.

## § 52. Қонуни дуҷуми термодинамика

Қоидаи бевозгаштии равандҳои табиӣ, ки самтнокии онҳоро нишон медиҳад, дар системаҳои макроскопӣ ба самтҳои имконпазирӣ табдили энергия маҳдудият мегузорад. Ин хусусият яке аз ифодаҳои умумии қонуни дуҷуми термодинамика ба ҳисоб меравад. Ин қонун монанди ҳар гуна қонуни бунёди ҷамъбасти шумораи зиёди фактҳои таҷрибавӣ мебошад.

Бо вучуди шумораи зиёди таърифоти қонуни дуҷуми термодинамика, ки шаклан фарқ мекунанд, ҳама як маъно доранд. Ана яке аз онҳо: **гармӣ худ аз худ аз ҷисми хунук ба ҷисми нисбатан гарм гузашта наметавонад.**

Қонуни дуҷуми термодинамика маҳдудияти ба энергияи механикӣ табдилёбии энергияи дохилиро ифода мекунад. Мувофиқи ин қонун сохтани мошине, ки аз ҳисоби гармии аз муҳити атроф гирифташуда кор иҷро кунад, имконнопазир аст. Чунин мошини фарзӣ номи муҳарриқи «абადии» ҷинси дуҷумро гирифт, зеро бо сабаби номаҳдуд будани захираи энергияи дохилӣ дар Замин, уқёнус, атмосфера ин гуна мошин барои тамоми мақсадҳои амалӣ вазифаи муҳарриқи абадиро иҷро мекард. Фақат аз ҳисоби энергияи дохилии оби баҳру уқёнусҳо тавассути муҳарриқи абадии ҷинси дуҷум мошинҳои тамоми фабрикаю заводҳоро дар тӯли чандин ҳазорсолаҳо ба ҳаракат овардан мумкин мебуд. Гуё дар 1700 соли аввали истифодаи энергияи дохилӣ ба ҳисоби миёна фақат аз сад як ҳиссаи градус ҳарорати оби уқёнус паст мешуду халос. Вале қонуни дуҷуми термодинамика ошкор намуд, ки чунин имконият нест. Аз ин сабаб ба қонуни мазкур таърифи зайл низ медиҳанд: **сохтани муҳарриқи абадии ҷинси дуҷум гайримкон аст.**

Ҳамин тавр, агар қонуни якуми термодинамика имконнопазирӣ мошинеро тасдиқ намояд, ки ҳангоми қори вай қонуни бақои энергия вайрон намешавад, пас қонуни дуҷум имконияти сохтани мошини абадии аз ҳисоби хунукшавии ягон ҷисм кор иҷрокунадаро манъ менамояд.

## § 53. Принсипи амали мошинҳои ҳароратӣ. Суди (ККФ) мошинҳои ҳароратӣ

Аз мавзӯҳои гузашта медонем, ки дар натиҷаи иҷрои кор ё гузаронидани миқдори гармӣ энергияи дохилии газро зиёд кардан мумкин аст ва баръакс аз ҳисоби энергияи дохилии газ кор иҷро кардан мумкин аст. Энергияи дохилӣ як намуди энергия аст, ки аз сӯхтани сӯзишворихои гуногун ё истифодаи энергияи Оғтоб онро ҳосил кардан мумкин аст. Дар баробари ин дар истеҳсолот, нақлиёт ҳангоми кори механизмҳои гуногун зарурияти истифодаи энергияи механикӣ дучор меояд. Аз ин рӯ табдилдиҳии энергияи дохилӣ ба механикӣ дар фаъолияти амалии одамон хеле зарур аст. Ин амал тавассути мошинҳои ҳароратӣ ба амал оварда мешавад.

Аз физикаи синфи 8 медонед, ки ҳар як мошини ҳароратӣ бояд гармкунак, ҷисми қорӣ ва хунуккунак дошта бошад.

Ба сифати ҷисми қорӣ газ (буг) истифода бурда мешавад. Агар газ дар устувона таҳти поршени ҳаракатнок бошад, пас ҳангоми васеъшавиаш кор иҷро мешавад ва энергияи дохилии газ (асосан энергияи кинетикии молекулаҳои он) қисман ба энергияи механикии поршен табдил меёбад. Васеъшавии газ изотермӣ ё адиабатӣ ба амал меояд. Барои доимӣ нигоҳ доштани ҳарорат ҳангоми васеъшавии изотермии газ ба он бояд миқдори гармие дода шавад, ки он ба тағйирёбии энергияи дохилӣ ва кори поршен баробар аст. Ҳангоми васеъшавии адиабатӣ кори поршен ба камшавии энергияи дохилии газ баробар аст.

Дар ҳар гашти поршен миқдори муайяни энергияи дохилӣ ба энергияи механикӣ табдил меёбад. Барои кори ояндаи газ бояд поршен ба ҳолати аввала баргардад. Бо ин мақсад ба газ бояд миқдори гармии муайян дода шавад. Чунин тағйироти ҳолати газро **раванди даврӣ** меноманд.

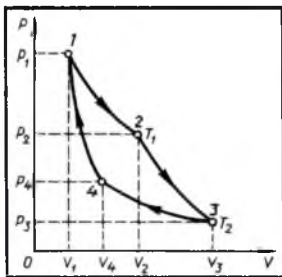
Муфассалтар тағйиротеро муоина мекунем, ки аз он давр пайдо мешавад. Маълум аст, ки агар ҳангоми ягон раванд газ аввал васеъ ва сипас аз нав фишурда шавад, пас кори ғоидабахш иҷро намегардад, зеро кори васеъшавии мусбати газ ба кори фишурдашавии манфии он баробар мешавад. Барои ҳосил кардани кори ғоиданоки даври муайян равандҳои гуногунро истифода бурдан зарур аст, ки ба васеъшавии газ дар фишор ва ҳарорати баланд ва фишурдани он ҳангоми фишор ва ҳарорати паст бояд алоқаманд бошад. Физики фаронсавӣ Сади Карно (1796-1832) соли 1824 нишон дод, ки барои ин истифодаи даври аз равандҳои изотермӣ ва адиабатӣ иборатбуда нисбатан мувофиқ мебошад.



**Расми 114**

Бигузур гази идеалӣ дар устувона ҳаҷми ибтидоии  $V_1$  ва фишори  $P_1$  дошта бошад. Устувонаро ба болои гармкунак мегузорем, ки температураи он ( $T_1$ ) доимӣ нигоҳ дошта мешавад (расми 114,а). Ҳангоми то ҳаҷми  $V_2$

ва фишори  $P_2$  васеъшавии изотермии газ вай кори А-ро ичро мекунад. Ин кор аз ҳисоби миқдори гармии ( $Q_1$ ) аз гармкунак гирифташуда ичро мегардад. Раванд дар системаи координатаҳои  $P.V$  графикӣ бо изотермаи 1-2 (расми 115) тасвир карда мешавад.



Расми 115

Баъди қатъи мубодилаи гармӣ бо устувона ва васеъшавии адиабатӣ газ аз ҳолати ҳаҷмаш  $V_2$  ва фишораш  $P_2$  ба ҳолати ҳаҷмаш  $V_3$  ва фишораш  $P_3$  мегузарад (расми 114,б). Газ аз ҳисоби энергияи дохилии худ кори васеъшавии мусбати  $A_2$ -ро ичро мекунад. Дар айни ҳол температураи он аз  $T_1$  то  $T_2$  паст мешавад. Дар расми 115 ба ин раванд адиабатаи 2-3 мувофиқат мекунад.

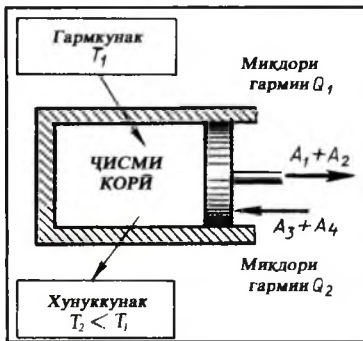
Минбаъд устувона ба хунуккунаки ҳарорати доимии  $T_2$  дошта дар тамос мешавад. Газро изотермӣ аз ҳолати ҳаҷмаш  $V_3$  ва фишораш  $P_3$  то ҳолати ҳаҷмаш  $V_4$  ва фишораш  $P_4$  мефишурем (расми 114,в). Ҳолати  $V_4, P_4$ -ро чунон интиҳоб мекунем, ки фишурдашавии адиабатии навбатӣ хангоми ба ҳарорати  $T_1$  расидан газ ҳаҷми  $V_1$ -ро ишғол намояд, вагарна давр (сикл) ҳосил намешавад. Қувваҳои беруна дар ин маврид аз ҳисоби фишурдашавии газ кори манфии  $-A_3$ -ро ичро мекунанд ва бояд ҳарорати газ тағйир наёфта, ба хунуккунак миқдори гармии  $Q_2 = A_3$  дода шавад. Ин раванд дар расми 115 бо изотермаи 3-4 тасвир ёфтааст. Дар охир мубодилаи гармиро бо устувона аз нав қатъ месозем (расми 114,г) ва бо фишуриши адиабатӣ газро ба ҳолати аввалааш бармегардонем (расми 114. д). Дар график (расми 115) ба ин раванд адиабатаи 4-1 мувофиқат мекунад.

Ҳангоми фишурдашавии газ энергияи дохилии он меафзояд ва ҳарораташ то  $T_3$  баланд мешавад.

Дар натиҷа як даври кори мошини ҳароратии идеалиро ҳосил кардем. Ин давр, ки аз ду раванди изотермӣ ва ду раванди адиабатӣ иборат аст, **даври Карно** ном гирифтааст. Ҳангоми васеъшавӣ қисми корӣ кор ичро мекунад, вале хангоми фишурдашавӣ зидди он қувваҳои беруна кор ичро мекунанд. Дар интиҳои ҳар як давр қисми корӣ ба ҳолати пештараи худ бармегардад.

Аз график (расми 115) мебинем, ки дар натиҷаи ин давр кори фоиданокро ичро мешавад, ки ададан ба масоҳати давр, яъне масоҳати 12341 баробар аст. Дар ҳақиқат ҳам, кори васеъшавии газ одатан ба масоҳати 123  $V_3, V_1$ , 1 вале кори фишуриши газ ададан ба масоҳати 143  $V_3, V_1$  1 баробаранд. Фарқи ин корҳо ба масоҳати бо давр маҳдудгашта баробар аст.

Зухуроти қонуни бако ва табдили энергия барои даври Карно дар табдили баробари энергияе ифода меёбад, ки



Расми 116

байни ҷисми корӣ ва муҳити атроф ба амал меояд. Аз тарафи муҳити атроф ҳангоми васеъшавии ҷисми корӣ миқдори гармии  $Q_1$  дода шуд ва ҳангоми фишурдашавӣ кори  $A_3 + A_4$  иҷро гашт (расм 116). Ҷисми корӣ ҳангоми васеъшавӣ кори  $A_1 + A_2$ -ро иҷро намуда, ҳангоми фишурдашавӣ миқдори гармии  $Q_2$ -ро аз худ дод. Ҳамин тарик,

$$Q_1 + A_3 + A_4 = Q_2 + A_1 + A_2$$

ё ки  $A_2 = A_4$  буданашро ба ҳисоб гирифта

$$A_1 - A_3 = Q_1 - Q_2 \quad \text{-ро} \quad (2.2.8)$$

ҳосил мекунем.

Фарқи  $A_1 - A_3$  кори натиҷавиест, ки онро ҷисми корӣ ҳангоми даври мазкур иҷро мекунад. Вай ба фарқи миқдори гармиҳои ҳангоми васеъшавӣ ба газ додашуда ва ҳангоми фишурдашавӣ хоричшуда баробар аст.

Барои муайян кардани самаранокии давр ё умуман мошини ҳароратӣ мафҳуми суд-коэффисиенти кори Ҷоиданоки давр ё мошин дохил карда мешавад, ки он оид ба дараҷаи табдилдиҳии энергияи дохилӣ ба энергияи механикӣ маълумот медиҳад. Вай аз рӯи нисбати кори Ҷоиданоки  $A_1 - A_3$  бар кори умумӣ  $A_1$  муайян карда мешавад:

$$\eta = \frac{A_1 - A_3}{A_1} \quad (2.2.9)$$

ё ки баробарии (2.2.8)-ро ба ҳисоб гирифта,

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (2.2.10)$$

ҳосил мекунем.

Дар термодинамика исбот карда мешавад, ки ҳангоми раванди идеалии табдили энергияи дохилӣ ба механикӣ суди баландтарин

бояд

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (2.2.11)$$

бошад, ки ин ҷо  $T_1$ -ҳарорати баландтарини ҷисми корӣ (газ ё буг),  $T_2$  – ҳарорати пасттарин мебошад. Азбаски  $T_2$  – ҳарорати хунуккунак ё маводи баъди сӯзиш боқимонда буда, аз сифри мутлақ фарқ мекунад, бинобар ин суди баландтарини мошин аз 1 ҳамеша хурд мешавад.

**Масъала.** Суди чунин даври Карноро муайян кунед, ки ҳангоми вай ҳароратҳои гармкунак ва хунуккунак мувофиқан 200 ва 15° С бошанд. Барои ду маротиба зиёд шудани суди давр ҳарорати гармкунакро чӣ қадар бояд зиёд намуд?

**Ҳал.** Формулаи (2.2.11)-ро барои суди даври Карно истифода бурда

$$\eta = \frac{473K - 288K}{473K} \approx 0,39 \text{ -ро ҳосил мекунем.}$$



Бигузор ҳарорати гармкунакро ба  $\Delta T$  баланд бардоштан лозим бошад, пас суд ба  $\eta_1 = \frac{(473K - \Delta T) - 288}{473K + \Delta T}$

ё  $\frac{(473K - \Delta T) - 288}{473K + \Delta T} = 0,78$

баробар мешавад ва аз ин ҷо  $\Delta T = 836K$  аст.

Аз формулаи (2.2.11) маълум мешавад, ки барои зиёд кардани суди мошинҳои ҳароратӣ ба роҳҳои баланд бардоштани ҳарорати гармкунак ва пасткунии ҳарорати хунуккунак аҳамият бояд дод. Аз ин сабаб дар техникаи ҳозиразамон буги параметрҳои (температура ва фишор) баланддошта, муҳаррикҳои дарунсӯзи газӣ ва турбинаҳои газиро татбиқ менамоянд, зеро тавассути онҳо ҳароратҳои боз баландтарро ба даст овардан мумкин аст.

Дар баланд бардоштани суди мошини ҳароратӣ омилҳои дигар низ мақоми муҳим мебозанд. Масалан, кам кардани харчи энергия барои баргараф кардани соиш дар қисмҳои мошин, кам кардани нақли гармӣ ба ҳавои атроф ва хоказо. Аз ин рӯ, суди мошини ҳароратӣ аз сохти он ва табиати равандҳо низ вобастагӣ дорад.

Дар ҷадвали 4 якчанд намунаҳои мошинҳои ҳароратӣ, суди онҳо ва қимати тақрибии температураҳои гармкунаку хунуккунак нишон дода шудааст. Аз ҷадвал мебинем, ки суди мошинҳои реалӣ нисбат ба қиматҳои баландтарини имконпазир хеле паст аст.

**Ҷадвали 4.**

Мошини ҳароратӣ	Қисми қорӣ	Температураи гармкунак, К	Температураи хунуккунак, К	Қимати имконпазир $\eta_{\max}, \%$	Суд (ККФ)-и мошин, $\eta, \%$
Мошини поршендори бугӣ	Буг	480	300	37	7-15
Турбинаи бугӣ	Буг	850	380	55	20-25
Муҳаррики дизелӣ	Маводи сӯзиш	2100	380	82	30-39
Муҳаррики карбюраторӣ	Маводи сӯзиш	2100	380	82	18-24

Баланд бардоштани суди мошинҳои ҳароратӣ масъалаи муҳими техникӣ аст, зеро пешрафти саноату нақлиёт ба он вобастагӣ дорад.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Аз ҳаёти ҳаррузаатон оид ба табдилёбии энергияи механикӣ ба энергияи дохилӣ мисолҳо оварда метавонед?
2. Раванди даврӣ ё сиклӣ чист?
3. Даври Карно аз қадом равандҳо иборат аст?
4. Магар давре, ки ҳангоми он миқдори гармии ба ҳисми қорӣ додашуда пурра ба энергияи механикӣ табдил ёбад, амалан имконпазир аст?
5. Суди мошини температураӣ чист? Роҳҳои баланд бардоштани он қадомҳоянд?

### Машқи 27

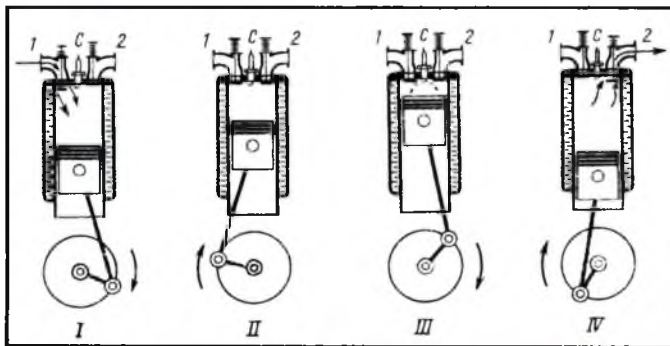
1. Агар дастгоҳи гармидиҳӣ аз рӯи даври Карно қор қунад, ҳангоми температураи гармкунак  $600^{\circ}\text{C}$  ва температураи хунуккунак  $15^{\circ}\text{C}$  будан суд чӣ қадар мешавад?
2. Барои чӣ муҳарриқи ҳароратиро бе хунуккунак сохтан мумкин нест?
3. Дар оби баҳру уқёнусҳо ва атмосфера захираи бузурги энергияи дохилӣ мавҷуд аст? Ин энергияро чӣ тавр истифода бурдан мумкин аст?

## § 54\*. Мошинҳои ҳароратӣ ва мақоми онҳо дар ҳоҷагии халқ

Баъди шиносӣ бо принсипи қори мошинҳои ҳароратӣ, ки шарҳи назариявии масъала буд, ба муоинаи баъзе муҳарриқҳои ҳароратӣ мегузарем.

Фаҳмост, ки даври идеалии Карноро бо сабабҳои гуногун амалӣ гардонидан номумкин аст: ҳуди гази идеалӣ вучуд надорад, барои изотермӣ қоришавии раванд бояд суръати тағйироти параметрҳо хеле хурд бошад ва ғайра. Аммо даври воқеии шаклан ба даври Карно наздикро ҳосил қардан мумкин аст. Барои баланд бардоштани суди мошинҳои воқеӣ тафовути температураҳои гармкунак ва хунуккунакро зиёд бояд қард, ки ба ин мақсад то қадри имкон температураи хунуккунакро паст қардан мумкин аст.

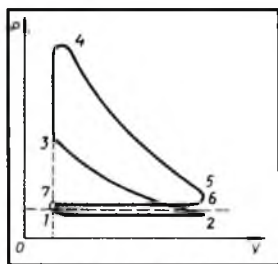
**Муҳарриқи дарунсӯз.** Бо сохт ва принсипи қори муҳарриқи дарунсӯз, ки бо бензин қор мекунад, аз синфи 8 шинос ҳастед. Баъзе лаҳзаҳои ин мавзӯро ба ёд меорем.



Расми 117

Муҳаррики дарунсӯзи чортакта як ё якчанд устувона дорад. Андаруни устувона поршен (расми 117) ҳаракат мекунад, ки он бо механизми кривошипӣ-шатунӣ ба наварди зонудори дар нӯғаш сарчарх шинонидашуда пайваст шудааст. Кушодан ва пӯшидани клапанҳои ворид (I) ва хорич (II) кардани бензину дуди он ба воситаи наварди тақсимкунанда ба амал оварда мешавад. Барои аланга гирифтани моддаи сӯзанда ба электроди шамъи С, ки дар болои устувона шинонда шудааст, шиддати барқии баланд дода мешавад.

Дар такти аввал ҳангоми ба поён ҳаракат кардани поршен баъди ба устувона воридшавии моеи сӯзанда клапани кушода маҳкам мешавад. Дар такти дуҷум поршен ба самти муқобил ҳаракат карда (дар ин лаҳза ҳар ду клапан пӯшида аст), моеи сӯзандаро мефишурад, ки дар натиҷа вай гарм мешавад. Вақте ки поршен қариб ба мавқеи болои худ мерасад, моддаи сӯзандаи фишурдашуда аз шарораи электрикии шамъ оташ мегирад. Гази оташгирифта ба поршен фишор оварда, онро ба поён тела медиҳад. Ҳаракати поршен тавассути шатун ба наварди зонудори ба он сарчарх шинондашуда дода мешавад, ки дар натиҷа поршен қори фойданок иҷро мекунад. Сарчарх баъди саҳт талахӯрӣ минбаъд аз рӯи инерсия давр зада, ҳангоми тактҳои минбаъда поршенро ба ҳаракат меоарад. Ҳамин тавр, такти сеҷум-такти қорӣ ҳисоб мешавад. Вақте ки поршен ба мавқеи поёнии худ мерасад, газ дар натиҷаи васеъшавӣ хунук мешавад, ки ин боиси паст шудани фишор дар устувона (то  $2-3 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ) мегардад. Дар давоми такти сеҷум ҳар ду клапан маҳкам мемонанд. Дар охири ҳангоми такти чорум поршен газҳои сӯхташударо аз клапани кушодаи хоричкунӣ тела дода, ба мавқеи болои худ бармегардад (дар ин лаҳза клапани воридкунӣ маҳкам аст).



Расми 118

Графики (диаграммаи P, V) тағйирёбии ҳолати гази устувонаи муҳаррик дар расми 118 нишон дода шудааст. Дар такти якум 1-2 клапани воридкунӣ кушода, моеи сӯзанда ворид мегардад. Такти дуҷум 3-4 – ҳар ду клапан пӯшида, поршен моеи сӯзандаро мефишурад – «фишуриш». Дар охири фишурдашавӣ бо ёрии оташаки электрикӣ моеи сӯзанда оташ мегирад, таркиш ба амал меояд, фишор бо чаҳиши 3-4 баланд шуда, такти сеҷум 4-5 – гашти қорӣ оғоз меёбад (клапанҳо чун пештара маҳкаманд). Дар охири он (нуқтаи 5) клапани хоричкунӣ кушода мешавад, фишор якбора паст мешавад ва таҳти ин фишор, ки нисбат ба фишори атмосфера баландтар аст, гази сӯхташуда ба берун хорич мегардад – такти чорум 6-7 – «хоричшавӣ» иҷро мешавад. Давр ба охири мерасад, клапани хоричкунӣ маҳкам мешавад, аз нав клапани воридкунӣ кушода мегардад ва даври нав оғоз меёбад. Қори фойданок дар давоми як даври пурра тақрибан ба масоҳати фигураи 2-3-4-5-6-2 баробар аст.

Бартарихи муҳаррики дарунсӯз нисбат ба дигар муҳаррикҳо инҳоянд: массаи хурд, истифодабарии осон, суди нисбатан баланд (температура дар дохили устувона ҳангоми сӯختани сӯзишворӣ то  $1200^\circ\text{C}$

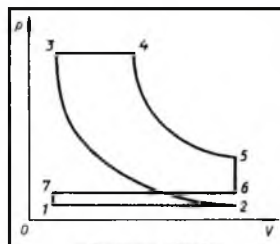
мерасад). Ҳисоботи назариявии суди муҳаррики дарунсӯз натиҷаи

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \approx \frac{1200K}{1500K} = 0,8 \text{ ё ки } 80\% \text{-ро медахад.}$$

Вале дар амал бошад, суди ин муҳаррик ҳамагӣ 30%-ро ташкил медахад ва ин имконият медахад, ки муҳаррикҳои дарунсӯз ба таври васеъ истифода бурда шаванд.

Ин навъи муҳаррикҳои дарунсӯз бо тавонии аз 0,37 то 440 кВт сохта мешаванд. Вале онҳо аз камбудихоӣ ҷиддӣ низ ҳолӣ нестанд: бо сӯзишвории қимату баландсифат қор мекунанд, сохти басо мураккаби техникӣ доранд, наварди чунин муҳаррикҳо суръати баланди гардиш дорад, газҳои сӯхташудаи онҳо ба муҳити атроф паҳн шуда, атмосфераро ифлос мекунанд ва ғ.

Муҳаррики дизелии дарунсӯзи ҷортакта назар ба ин муҳаррик ба андозае аз ҷиҳати иқтисодӣ бартарӣ дорад. Вай бо навъҳои нисбатан арзони сӯзишворӣ қор мекунад. Ҷиҳатҳои фарқкунандаи қори онҳо чунинанд: ҳангоми ба поён ҳаракат кардани поршен ба устувона аз клапани воридкунӣ на моеи сӯзанда, балки ҳавои атмосфера ворид мегардад. Дар диаграммаи  $P, V$  (расми 119) ин такт бо изобараи 1-2 тасвир ёфтааст. Ҳангоми гардиши ояндаи сарҷарҳ поршен ба самти муқобил ба боло ҳаракат карда, дар устувона ҳаворо адиабатӣ то фишори  $1,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$  мефишурад. Дар натиҷа дар охири ин такт (2-3) температура то  $500\text{-}700^\circ\text{C}$  меафзояд. Ба ҳавои фишурдаи тафсон бо ёрии насос ва форсунка сӯзишвории дизелӣ пошида мешавад. Вай аланга мегирад ва нисбат ба бензин дер месӯзад. Гази дар ин ҳангом ба вучудодада ба поршен фишор оварда, дар тӯли тамоми ҳаракаташ ба поён қори фойданок иҷро мекунад. Фишори гази васеъшаванда тақрибан доимӣ нигоҳ дошта мешавад (изобараи 3-4). Дар охири сӯзиши сӯзишвории пошхӯрда васеъшавии адиабатии газ (адиабатаи 4-5) ба вучуд меояд ва дар хотима клапани хоричкунӣ кушода ва фишор аз рӯи изохораи 5-6 паст мешавад. Поршен ҳангоми ба самти муқобил ҳаракат карданаш (хоричкунӣ) боқимондаҳои сӯзишвориро ба берун тела медахад (изобараи 6-7) ва бо ҳамин давр ба охир мерасад. Ҳамин тариқ дар диаграммаи  $P, V$  гашти қорӣ бо қитъаи 3-4-5 нишон дода шудааст, вале қори фойданоки давр тақрибан ба масоҳати фигураи 2-3-4-5-6-2 баробар аст. Судӣ чунин муҳаррик қариб 40%-ро ташкил медахад. Муҳаррики дизелиро дар трактору автомобилҳо, теплоходҳои дарёию баҳрӣ, дар тепловозҳо ва нерӯгоҳҳои барқии камиктидор истифода мебаранд.



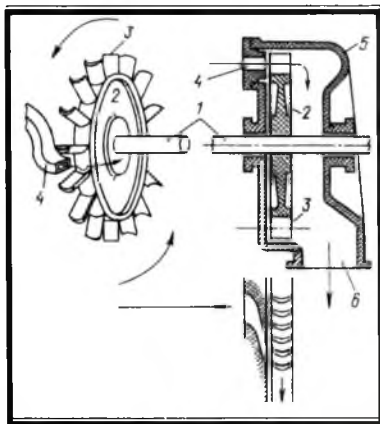
Расми 119

**Турбинаҳои бугӣ ва гази.** Бо принципи қори турбинаҳои бугӣ дар синфи 8 шинос шуда будем.

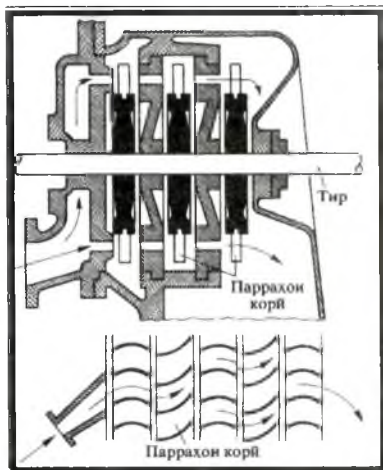
Қисми асосии турбина ротор аст, ки он аз ҷарҳи (гирда) гирдогирдаш парраҳои ба навард маҳкамшуда иборат аст. Буг аз дега бо шайпураҳо (сопла) ба парраҳо равона карда мешавад. Дар турбина буг васеъ шуда, фишори он кам мешавад ва суръати ҷоришавиаш меафзояд, яъне энергияи дохилии он ба энергияи кинетикии ҷоришавӣ табдил меёбад.

Турбинаҳои бугӣ ду хел мешаванд: турбинаҳои амалашон фаъол, ки ротори онҳо аз ҳисоби зарбаи чараёни буг ҳаракат мекунад ва турбинаҳои амалашон реактивӣ, ки аз ҳисоби ҷойгиршавии махсуси парраҳои буг аз таркишҳои байни онҳо баромада қувваи реактивиро ба вуҷуд меорад.

Турбинаи реактивии содатарини яқзинагӣ дар расми 120 тасвир ёфтааст. Вай аз ротори 2, ки бо тири 1 шинонда шудааст, иборат аст. Муқобили белчаҳои ҳамхӯрдаи пулодини 3 як (ё якчанд) шайбураи 4 ҷойгир карда мешавад. Танаи турбинаи 5 бо гулбаи 6 пушонида мешавад.



Расми 120



Расми 121

Турбинаҳои яқзинагӣ суди ҷаст доранд ва онҳоро бо тавоноии хурд барои ба ҳаракат даровардани мошинҳои на чандон калон месозанд. Турбинаҳои ҳозиразамони нуриқтидорро бисёрзина (расми 121) месозанд, яъне ротори чунин турбинаҳо якчанд қатори белчаҳо дорад ва онҳо аз якдигар бо деворҳои беҳаракат ҷудоанд.

Зудгардишхӯрӣ, тавоноии зиёд доштан бартариҳои турбинаҳои бугианд. Суди турбинаҳои бугӣ ба 25% мерасад. Хусусиятҳои инерсионӣ (яқбора ба қор шуруъ накардан), номумкин будани танзими суръаи суръати гардиш, надоштани гашти баръакс камбудихои имрӯзаи турбинаҳои бугӣ мебошанд.

Бо назардошти ин камбудихо истифодаи турбинаҳои газӣ ба максимал мувофиқ аст. Вай низ мисли турбинаи бугӣ қор мекунад, вале ҷисми қорӣ вай газӣ тафсон мебошад. Азбаски ҳарорати он нисбат ба ҳарорати буг хеле баланд аст, суди турбинаи газӣ то 60-65% мерасад.

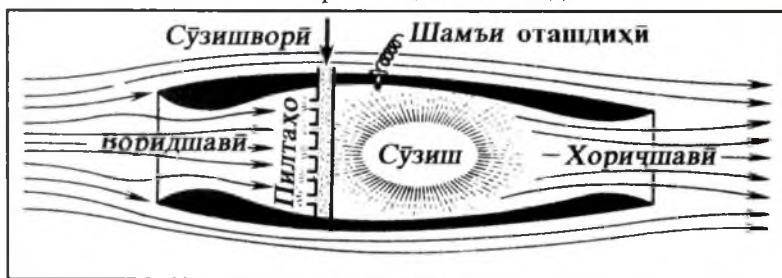
Бартариҳои назарраси турбинаҳои газӣ нисбат ба бугӣ дар он аст, ки онҳо дастгоҳи калонҳаҷми гармкунанда надоранд. Ин бартарӣ имконият медиҳад, ки онҳо на фақат дар нерӯгоҳҳои ҳароратию барқӣ, балки дар нақлиёт ҳам истифода шаванд. Турбинаҳои газӣ дар автобус,

поездҳо, киштиҳо, тайёраҳо ва киштиҳои кайҳонӣ истифода бурда мешаванд. Мухарриқҳои газию турбинагӣ хусусан дар ҳавопаймой татбиқи васеъ пайдо кардаанд.

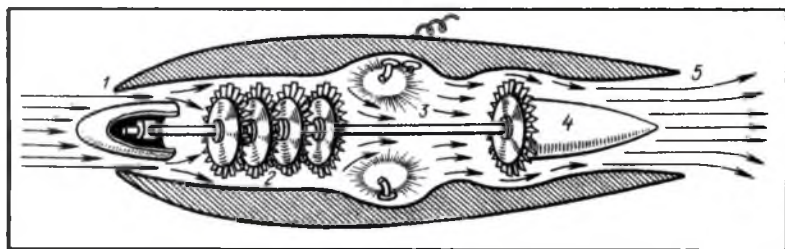
**Мухарриқҳои реактивӣ.** Мухарриқҳои ҳароратиеро, ки бо истифодаи қувваи реактивии гази хоричшаванда кор мекунанд, мухарриқҳои реактивӣ меноманд. Аз сабаби он ки сӯзишворӣ дар камераҳои махсуси онҳо месӯзад, онҳо ба мухарриқҳои дарунсӯз дохил мешаванд. Қувваи теладиҳии аз ҳисоби гази бефосила хоричшаванда бадастомада, имконият медиҳад, ки онҳо ба суръатҳои хеле баланд соҳиб шаванд.

Бо принципи кори мухарриқҳои реактивӣ мо аллакай шинос ҳастем. Дар ин ҷо бо якчанд намуни мухарриқҳои реактивӣ шинос мешавем.

Яке аз намудҳои соддаи онҳо мухарриқи ҳавой-реактивии шориаиаш рост аст (расми 122). Вай аз лӯлае иборат аст, ки дар дохилаш моеи сӯзандаи пошидашуда бо сели ҳаво фишурда шуда, маҷбуран алаҳга мегирад. Гази тафсон аз лӯла бо суръати баланд хорич шуда, мувофиқи қонуни бақои импульс қувваи реактивиро ба амал меорад. Камбудии чунин мухарриқҳо дар он аст, ки барои ҳосил кардани ҳаракати якбора шитобнок ва қувваи теладиҳанда онро тавассути ягон мухарриқи дигар ба кор даровардан лозим мешавад. Мухарриқи ҳавой-реактивии шориаиаш рост ҳангоми суръатҳои тартиби 2000-3000 км/ст самарбахш кор мекунад ва ҳангоми суръатҳои 6000-7000 км/ст ба қувваи теладиҳандаи калонтарин соҳиб мешавад.



Расми 122



Расми 123

Агар муҳаррики реактиви турбинагӣ бо компрессори хаворо ба камераи сӯзиш равонакунанда мучаҳҳаз гашта бошад, онро **турбокомпрессор** меноманд (расми 123). Ин қабил муҳаррикҳо қайҳо боз дар авиатсия ба қор бурда мешаванд. Ҳангоми ба қор даровардани муҳаррик стартер тири ба турбокомпрессори 2 ва турбинаи газии 4 васл-шударо ба гардиш меорад. Ҳавое, ки онро турбокомпрессор дар ҳавочамъкунаки 1 мефишурад, ба камераи сӯзиши 3 мегузарад. Гази тафсон аз турбинаи газии 4 гузашта, компрессорро ба гардиш медарорад. Газҳо аз шайпураи реактиви 5 хориҷ гашта, қувваи реактивиро ба вучуд меоваранд.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Муҳаррики дарунсӯзи бензинӣ аз қадом қисмҳои асосӣ иборат аст?
2. Дар ҳар тақти муҳаррики дарунсӯзи чортакта қадом равандҳо иҷро мешаванд?
3. Ҳангоми қори муҳаррики дарунсӯз вазифаи сарҷарҳ аз чӣ иборат аст?
4. Муҳаррики дизелӣ аз бензинӣ чӣ фарқ дорад?
5. Дар турбинаи бугӣ энергияи дохилӣ чӣ тавр ба энергияи механикӣ табдил меёбад?
6. Фарқҳои турбинаҳои газӣ нисбат ба бугӣ дар чист?
7. Қадом намудҳои муҳаррики реактивиро медедонд?
8. Дар муҳаррики реактивӣ ба сифати ҳунуккунак ва гармкунак чӣ хизмат мекунад?

### Машқи 28

1. Буги тафсон бо температураи  $600^{\circ}\text{C}$  ба турбина ворид гашта, бо температураи  $40^{\circ}\text{C}$  аз он мебарояд. Турбинаи бугиро идеалӣ ҳисобида, суди онро муайян кунед.
2. Температураҳои гармкунак ва ҳунуккунанда мувофиқан  $520$  ва  $20^{\circ}\text{C}$  бошанд, пас барои аз гармкунак ҳосил кардани  $10^7\text{J}$  миқдори гармӣ қадом қор бояд иҷро шавад? Мошини ҳароратиро идеалӣ қабул кунед.
3. Сели ҳавое, ки аз сатҳи Замин паҳн мешавад, гуё ягон муҳаррики ҳароратиро менамояд. Қисмҳои асосии системаи мазкурро, ки ба ҳар як муҳаррики ҳароратӣ ҳос аст, нишон диҳед.

## § 55\*. Мошинҳои ҳароратӣ ва муҳофизати муҳити зист

Мошинҳои ҳароратиро дар ҳоҷагии халқ ба таври васеъ истифода мебаранд. Тепловозҳо дар роҳҳои оҳан, теплоходҳо дар роҳҳои обӣ воситаҳои хуби нақлиётанд. Автомобилҳои мучаҳҳаз бо муҳаррикҳои

дарунсӯз борҳо мусофиронро мекашонанд. Тайёраю чархболҳо бо муҳаррикҳои поршендор, турбовинтӣ, турбореактивӣ кор мекунанд. Бо ёрии муҳаррикҳои реактивӣ радифони маснӯъ, киштиҳо ва стансияҳои кайҳонӣ ба мадор бароварда мешаванд. Муҳаррикҳои дарунсӯз дар хочагии кишлоқ асоси механикони равандҳои истеҳсолианд. Трактор, комбайн, насосҳои стансияҳои гуногун бо муҳаррикҳои дарунсӯз кор мекунанд.

Ҳангоми дар мошинҳои ҳароратӣ сӯختани сӯзишворӣ миқдори зиёди оксиген сарф мешавад. Барои сӯзиши сӯзишвории гуногун аз 10 то 25% оксиген сарф мешавад, ки онро растаниҳо ҳосил мекунанд.

Мошинҳои ҳароратӣ на фақат оксигенро кам мекунанд, балки инчунин миқдори зиёди оксиди карбон (гази карбонат)-ро низ ба атмосфера хориҷ мекунанд. Дар танурҳои коргоҳҳои саноатӣ ва нерӯгоҳҳои барқӣ – аловӣ сӯзишворӣ ҳеҷ гоҳ пурра намасӯзад ва захролудшавии ҳавои муҳити зисти мо ба боқимондаҳои носӯхтаи сӯзишворӣ вобастагӣ дорад. Ҳоло дар рӯи замин дастгоҳҳои муқаррарии энергӣ ҳар сол 200-250 млн. тонна дуда (ҳокистар) ва қариб 60 млн. тонна оксиди сулфур ( $SO_2$ )-ро ба атмосфера хориҷ мекунанд.

Ғайр аз коргоҳҳои саноатӣ ҳаворо инчунин намудҳои гуногуни нақлиёт, махсусан нақлиёти автомобилӣ захролуд мекунанд. Нафасгирии аҳолии шаҳрҳои калон аз газҳои хориҷшудаи муҳаррики автомобилҳо душвор мегардад.

Дар тамоми мамлакатҳои ҷаҳон, ки саноати тараққикарда доранд, ҳоло барои кам кардани захролудшавии ҳаво чораҳо меандешанд ва роҳҳои пешгирии онро ҷустуҷӯ мекунанд. Дар мамлақати мо низ ба ин масъала диққати ҷиддӣ дода мешавад. Хусусан баҳри ба атмосфера ҳамроҳ нагаштани дудҳои ғализ муборизаи катъӣ бурда мешавад. Минбаъд тамоми марказҳои барқу гармӣ, ки амал мекунанд ё акнун сохта мешаванд, бо таҷҳизоти газтозакунанда ва ҷангҳои ҷамъкунанда мучаҳҳаз мешаванд. Дар ҷойгиркунии марказҳои барқу гармӣ чораҳои зарурӣ меандешанд, онҳоро аз шаҳр берун сохта, байни онҳо ва мавзӯҳои аҳолиниш майдонҳои сабззор бунёд мекунанд.

Ҳоло барои паст кардани захролудшавии ҳаво аз газҳои хориҷшудаи муҳаррикҳои автомобилҳо корҳои зиёд ба анҷом мерасанд. Ба муҳаррикҳо филтрҳои махсус мегуздоранд, намудҳои нави муҳаррикҳои газотурбинӣ, роторӣ ва ҳатто бугӣ сохта мешаванд. Вале дар оянда электромобил ва автомобилҳои бо нитроген коркунанда бештар ба мақсад мувофиқанд. Дар мамлакатҳои гуногун аллакай автомобилҳои муҳаррикҳои электрикӣ ё нитрогенидошта сохта шудаанд ва санҷиши амалии онҳо давом дорад.





## Машки 29 (барои ҳалли мустақилона)

1. Массаи молекулаи гидроген ба  $3.3 \cdot 10^{-27}$  кг баробар аст. Гидрогенро гази идеалӣ ҳисобида, ҳангоми миқдори ҳаҷмии молекулаҳо  $10^{25} \text{ м}^3$  ва  $700 \text{ м/с}$  будани суръати квадратии миёнаи молекулаҳо фишори газро муайян кунед.
2. Ҳаворо гази идеалӣ ҳисобида, миқдори ҳаҷмии молекулаҳои онро ҳангоми шароитҳои муқаррарӣ ҳисоб кунед.
3. Зичии гази неон дар лампаи неонӣ ҳангоми  $5 \cdot 10^3 \text{ Па}$  будани фишор  $0,05 \text{ кг/м}^3$  аст. Ҳарорати неонро муайян кунед.
4. Массаи буги сери обро дар  $1 \text{ м}^3$  ҳаво ҳангоми  $20^\circ \text{ С}$  будани ҳарорат муайян кунед.
5. Барои аз сатҳи моеъ ҷудо кардани ҳалқаи қутраш  $5 \text{ см}$  қувваи  $16 \text{ Н}$  лозим аст. Аз рӯи ин маълумот қувваи кашими сатҳро муайян кунед.
6. Сими алюминий, ки  $2 \text{ м}$  дарозӣ ва буриши арзии  $4 \text{ мм}^2$  дорад, таҳти таъсири бори овехташуда  $1 \text{ мм}$  дароз шуд. Қувваи чандириро муайян кунед, ки дар сим пайдо мешавад. Модули чандирии алюминий  $0,71 \cdot 10^{11} \text{ Па}$  аст.
7. Ба гази идеалие, ки зери поршен дар устувона аст, бояд чӣ қадар миқдори гармӣ дода шавад, ки энергияи дохилиаш ба  $100 \text{ Ҷ}$  зиёд шавад ва газ  $200 \text{ Ҷ}$  қор иҷро намояд.
8. Дар калориметр  $0,5 \text{ кг}$  оби температурааш  $10^\circ \text{ С}$  мавҷуд аст. Ба об  $1 \text{ кг}$  яхе, ки  $-30^\circ \text{ С}$  ҳарорат дорад, андохтаанд. Агар гармигунҷоиши калориметрро ба эътибор нагирем, пас дар он ҳарорат чӣ қадар мешавад?
9. Мошини ҳароратӣ, ки судаш  $25\%$  аст, аз гармкунак  $800 \text{ Ҷ}$  гармӣ мегирад. Вай чӣ қадар қори фойданок иҷро мекунад?
10. Қимати максималии суди мошини ҳароратиеро ҳисоб кунед, ки гармкунаки он  $427^\circ \text{ С}$  ва яхдонаш  $27^\circ \text{ С}$  ҳарорат дорад.
11. Дар зарфи ҳаҷмаш  $1 \text{ м}^3$   $1 \text{ мол}$  гази идеалӣ мавҷуд аст. Агар фишори газ  $10^5 \text{ Па}$  бошад, энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои он чӣ қадар аст?
12. Газ дар ҳарорати  $100^\circ \text{ С}$  ҳаҷми  $200 \text{ см}^3$ -ро ишғол мекунад. Таҳти ҳамон як фишор ҳангоми  $0^\circ \text{ С}$  газ кадом ҳаҷмро ишғол мекунад?
13. Барои оби массааш  $10 \text{ кг}$ -ро, ки температураи ибтидоиаш  $20^\circ \text{ С}$  аст, дар зарфи сатҳаш кушода то ҷӯшидан гарм кардан ва ба буг табдил додан чӣ қадар гармӣ лозим аст?
14. Баландии сутуни об дар найчаи капиллярии шишагин дар сатҳи Замин  $1 \text{ см}$  аст. Дар ҳамон найча об дар сатҳи Моҳ ба кадом баландӣ мебарояд?
15. Энергияи дохилии  $4 \text{ кг}$  гелий ҳангоми температураи  $127^\circ \text{ С}$  чӣ қадар аст?
16. Буги тафсон бо температураи  $600^\circ \text{ С}$  ба турбина дохил шуда, бо температураи  $40^\circ \text{ С}$  аз он хорич мешавад. Мошини ҳароратиеро идеалӣ ҳисобида суди онро муайян кунед.
17. Магар мошини ҳароратиеро бе хунукунак сохтан мумкин аст? Барои чӣ?

## Хулосаҳо аз қисми «Физикаи молекулавӣ»

### 2.1 «Асосҳои назарияи молекулавӣ-кинетикӣ»

1. Ҳамаи ҳисмҳо аз молекула ва атомҳо таркиб ёфтаанд, ки онҳо дар ҳаракати бефосилаи бенизом мебошанд. Дар байни атомҳо ва молекулаҳо қувваҳои таъсири мутақобил таъсир мекунанд.

2. Даррафт дар газҳо, моеъҳо ва ҳисмҳои сахт бо ҳаракати ҳароратии молекулаҳо шарҳ дода мешавад. Ҳаракати броунӣ як навъ инъикоси ҳаракати молекулаҳои моеъ ё газ мебошад.

3. Фишори газ натиҷаи бархӯрии шумораи зиёди молекулаҳо ба деворҳои зарф аст.

4. Ҳарорати ҳисм ченаки энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати пешравандаи молекулаҳои он мебошад.

5. Муодилаи асосии назарияи молекулавӣ-кинетикии газҳо тасдиқ мекунад, ки фишори гази идеалӣ ба адади молекулаҳои воҳиди ҳаҷм, массаи молекула ва ба қимати квадрати суръати

миёнаи молекулаҳо мутаносиб аст: 
$$P = \frac{1}{3} nm\bar{v}^2.$$

6. Барои массаи додашудаи газ новобаста аз тағйирёбии фишор нисбати ҳосили зарби фишору ҳаҷм бар ҳарорат бузургии

доимӣ аст: 
$$\frac{PV}{T} = const$$
 (муодилаи ҳолати гази идеалӣ-муодилаи

Клапейрон-Менделеев).

7. Аз муодилаи ҳолати гази идеалӣ 
$$\frac{PV}{T} = const$$
 қонунҳои Бойл-Мариотт, Гей-Люссак, Шарлро ҳосил кардан мумкин аст.

8. Аз муодилаи асосии назарияи молекулавӣ-кинетикӣ фаҳмида мешавад, ки дар ҳаҷмҳои баробари ҳар гуна газ ҳангоми фишорҳо ва ҳароратҳои якхела миқдори якхелаи молекулаҳо мавҷуд аст (қонуни Авогадро). Дар як моли газ ҳангоми шароитҳои муқаррарӣ  $6,022 \cdot 10^{23}$  молекула вучуд дорад.

9. Газҳои реалӣ ба қонунҳои асосии гази идеалӣ тахминан итоат мекунанд. Ҳарчанд зичии гази реалӣ кам бошад, ҳамон қадар рафтори вай ба гази идеалӣ наздиктар мешавад.

10. Фишори буги сершуда ҳангоми ҳарорати якхела ҳамеша аз ҳаҷми буг вобаста нест. Бо афзоиши ҳарорат фишори буги сершуда меафзояд ва он ҳангоми ҳарорати чӯшиши моеъ ба фишори атмосфера баробар аст.

11. Ҳолате, ки хангоми он зичии моеъ ва зичии буги сери он якхелаанд, ҳолати атфӣ (критикӣ) номида мешавад. Дар ҳолати атфӣ моеъ ҳаҷми максималӣ, буги сер ва фишори максималӣ дорад. Хангоми ҳароратҳои болотар аз атфӣ газро дар ягон фишор ба моеъ табдил додан мумкин нест.

12. Намнокии мутлақи ҳаво аз рӯи миқдори буги оби дар  $1\text{ м}^3$  буда чен карда мешавад. Намнокии нисбӣ аз рӯи нисбати миқдори буги оби ҳаво бар миқдори буге, ки дар ҳамон ҳарорат барои сер кардани ҳаво зарур аст, муайян карда мешавад.

13. Моеъ ҳолати мобайнии ҳолатҳои газию кристаллист. Дар ҷойгиршавии зарраҳои моеъ тартиботи муайяне вучуд дорад, яъне молекулаҳои он қариб ба панҷараи кристаллӣ монанд ҷойгир мешаванд. Бар хилофи кристаллҳо дар моеъҳо ҷойгиршавии бенизоми зарраҳо на дар тамоми ҳаҷм, балки дар соҳаҳои алоҳида мӯсоҳида мешавад.

14. Дар натиҷаи таъсири мутақобилаи молекулаҳо кашиши сатҳии моеъ ба вучуд меояд. Он аз рӯи қуввае баҳо дода мешавад, ки ба хати тарози (контури) сатҳи моеъро маҳдудкунанда таъсир мекунад. Ин қувваро қувваи кашиши сатҳ меноманд. Кашиши сатҳи миқдоран аз рӯи нисбати модули қувваи кашиши сатҳ бар дарозии контури қабати сатҳ тавсиф меёбад.

15. Қабати сатҳи моеъ мувофиқи таъсири қуввае, ки ба сатҳи он нормалӣ равона шудааст тағйир меёбад. Ин қувва фишори иловагиро ба вучуд меоварад, ки фишори дохилӣ ё молекулавӣ номида мешавад. Фишори иловагӣ аз шакли сатҳи фуруҳамида назар ба ҳамвор кам ва фишори зери сатҳи барҷаста назар ба ҳамвор зиёд аст. Фишори дохилии (иловагӣ) зери сатҳи сферӣ аз

рӯи формулаи П. Лаплас  $P = \frac{2\sigma}{R}$  муайян карда мешавад, ки ин ҷо

$R$ -фишори иловагӣ,  $\sigma$  - зариви кашиши сатҳ,  $R$ -радиуси қабати сатҳ мебошанд.

16. Кашиши сатҳии моеъ ҳодисаи капиллярнокӣ - дар найчаҳои буриши хурд болоравӣ (пастравӣ)-и моеъро ба вучуд меорад. Онро бештар дар техника, хусусан дар агротехника васеъ истифода мебаранд.

17. Ҷисмҳои сахтро аз рӯи ҳосиятҳои он ба ду гурӯҳ: кристаллӣ ва бешакл (аморфӣ) ҷудо мекунанд. Ҷисмҳои кристаллӣ баръакси ҷисмҳои бешакл ҳарорати муайяни гудозиш доранд. Ҷисмҳои поликристаллӣ ва бешакл изотропӣ мебошанд.

18. Ҷор намуди кристаллҳоро аз якдигар фарқ мекунанд: ионӣ, атомӣ, молекулаӣ ва филизӣ.

19. Ҳар гуна ҷисм дар зерин таъсири қувваҳои беруна шакли худро тағйир медиҳад. Ин ҳодисаро таъйиқшавӣ меноманд. Вобаста ба таъсири беруна таъйиқшавӣ гуногун мешавад. Дар байни онҳо таъйиқшавии ёзиш (фишуриш), пешравӣ, тобхӯрӣ ва ҳамхӯрӣ маъмултаранд.

20. Таъйиқшавӣ аслан чандир (мувофиқи қонуни Ҳук тавсифшаванда) ва пластикӣ (гайричандир, нарм) мешавад.

## 2.2. Асосҳои термодинамика

1. Энергияи дохилии ҷисм бо роҳи мубодилаи гармӣ бо ҷисмҳои атроф ё ҳангоми иҷрои қори механикӣ тағйир меёбад.

Тағйирёбии энергияи дохилиро ҳангоми мубодилаи гармӣ бе иҷрошавии қор аз рӯи формулаҳои зерин ҳисоб кардан мумкин аст:

$$\Delta U = cm(T_2 - T_1) - \text{ҳангоми гармкунӣ ё хунуккунӣ};$$

$$\Delta U = \lambda m - \text{ҳангоми гудозиш ё сахтшавӣ};$$

$$\Delta U = rm - \text{ҳангоми бугҳосилкунӣ ё конденсатсия};$$

$$\Delta U = qm - \text{ҳангоми сӯхтани сӯзишворӣ}.$$

2. Агар дар мубодилаи гармӣ якҷанд ҷисмҳо иштирок дошта бошанд, пас миқдори гармие, ки ҷисмҳо медиҳанд, бояд ба миқдори гармии ҷисмҳои дигаргирифта баробар бошад (муодилаи мувозанати гармӣ).

3. Тағйирёбии энергияи дохилӣ ба суммаи миқдори гармии ба ҷисм додашуда ва қори зидди қувваҳои берунӣ иҷрошуда баробар аст (қонуни якуми термодинамика).

4. Газ ҳангоми васеъшавӣ қореро иҷро мекунад, ки он ададан ба масоҳати сатҳи бо графикаи ин раванд маҳдудшуда баробар аст.

5. Ҳангоми тағйироти изобарии ҳолати гази идеалӣ миқдори гармии ба он додашуда қисман барои зиёдшавии энергияи дохилӣ ва қисман барои аз тарафи газ иҷро намудани қор сарф мешавад ( $Q = \Delta U + A$ ). Ҳангоми раванди изохорӣ тамоми миқдори гармии ба газ додашуда барои тағйирёбии энергияи дохилӣ  $|Q = \Delta U|$ , вале дар раванди изотермӣ фақат барои иҷрошавии қор  $|Q = A|$  сарф мешавад. Раванди адиабатӣ бе мубодилаи гармӣ бо муҳити атроф мегузарад ва ҳангоми чунин раванд газ фақат аз ҳисоби энергияи дохилии худ қор иҷро менамояд.

6. Дар ҳамаи мошинҳои ҳароратӣ энергияи дохилии моеи

сӯзанда ба энергияи механикӣ табдил меёбад. Барои амалӣ гардонидани ин табдилёбӣ бояд ду қисми ҳароратҳояшон гуногун- гармкунак ва хунуккунак мавҷуд бошанд, то ки байни онҳо мубодилаи гармӣ ба амал ояд.

Агар мошини ҳароратӣ бо даври Карно кор кунад, суд-и бештарин дошта метавонад, ки онро аз рӯи формулаи

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

ҳисоб мекунанд. Ба баландшавии суди мошинҳои ҳароратӣ ҳам аз ҳисоби баландкунии ҳарорати гармкунаку пастрокунии ҳарорати хунуккунак ва ҳам аз ҳисоби кам кардани харчи энергияи сӯзишворӣ ҳангоми сӯзиши нопурраи он ва ғайра муваффақ шудан мумкин аст.

## ҚИСМИ III. ЭЛЕКТРИК

### 3.1. МАЙДОНИ ЭЛЕКТРИКӢ

#### § 56. Қонуни бақои заряди электрикӣ

Мо аллақай медонем, ки ду қисми гуногун ҳангоми соиш заряднок мешаванд. Дар айни ҳол яке заряди мусбат, дигаре заряди манфӣ мегиранд. Агар то расиши байнихамдигарӣ онҳо безаряд бошанд, пас заряди мусбати қисми яқум айнан ба заряди манфии гирифтаи қисми дуюм баробар мешавад.

Ҳамин тавр заряднокшавӣ ҳангоми расиш (тамос) моҳиятан раванди тақсимшавии зарядҳои электрикиро байни қисмҳои расидаистода ифода мекунад, ки дар натиҷа дар якеи онҳо зарядҳои мусбат ва дар дигар зарядҳои манфӣ ҳам мешаванд. Миқдори умумии зарядҳои манфию мусбат, ки дар қисмҳо мавҷуд аст, бетағйир мемонад ва онҳо байни қисмҳо тақсим мешаванд. Як қисм ҳангоми расиш чӣ қадар электронҳои худро гум кунад, қисми дигар ҳамон қадар электронҳоро пайдо мекунад.

Яъне, зарядҳои электрикӣ худ аз худ пайдо ва нест намешаванд, онҳо танҳо аз як қисм ба қисми дигар мегузаранд. **Аз ин рӯ сӯммаи алгебравии зарядҳо, ки ҳангоми ҳар гуна раванди электрикӣ дар тамоми қисмҳои дар раванд иштироккунанда ба вуҷуд меоянд, ҳамеша ба сифр баробар аст.** Қонуни бақои зарядҳои электрикӣ аз ҳамин иборат аст.

Ҳеч гоҳ ва дар ҳеч ҷо ҳангоми таъсири байнихамдигарии қисмҳо мумкин нест, ки зарядҳои аломати якхеладошта пайдо шаванд ё онҳо якдигарро нест кунанд. Пайдоиши заряди мусбати электрикӣ ҳама вақт бо пайдоиши заряди дигаре, ки қимати мутлақи якхела ва аломати манфӣ дорад, анҷом меёбад. Ҳангоми расиши қисмҳои гуногунном заряднокшуда зарядҳо бенишон гум намешаванд. Шумораи барзиёди электронҳо аз қисми манфӣ заряднокшуда ба қисме мегузаранд, ки баъзе аз атомҳои он шумораи нокифояи электронҳо доштанд.

Бояд дар назар дошт, ки қонуни бақои заряди электрикӣ барои системаҳои маҳдуд, яъне системаҳое, ки бо қисмҳои дигар алоқаи электрикӣ надоранд, дуруст буда метавонад.



#### Саволҳои санҷишӣ

1. Агар қисми мусбат заряднокшударо бо қисми заряднокнаш манфӣ расонем, пас он безаряд мешавад. Оё дар айни ҳол гуфтан мумкин аст, ки зарядҳо дар қисм нест шуданд?

2. Қонуни бақои заряди электрикиро таъриф ва шарҳ диҳед.

#### § 57. Қонуни Кулон

Ба вуҷуд омадани қувваҳои кашиш ва талаҳӯрии қисмҳои заряднок дар таъсири мутақобили онҳо зоҳир мешавад. Ҳоло ба тавсифи миқдории ин қувваҳо шурӯъ мекунем.

Таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки қувваҳои таъсири мутақобили қисмҳои заряднок ҳангоми шароитҳои якхела бештар аз шакл ва

андозаҳои ин ҷисмҳо вобастагӣ доранд. Вале агар андозаҳои ҷисмҳои заряднок нисбат ба масофаи байни якдигарии онҳо чунон хурд бошад, ки онҳоро чун нуқтаҳои моддӣ қабул кардан мумкин бошад, он гоҳ муайян кардани қувваҳои таъсири мутақобил осонтар мешавад.

Ду заряди нуқтагии электрикӣ байни худ бо қуввае таъсир мекунад, ки он ба ҳосили зарби бузургии зарядҳо мутаносиби роста буда, ба квадрати масофаи байни онҳо мутаносиби чаппа аст. Ин қувва қад-қади хати росте равона аст, ки он ҷисмҳоро бо ҳам мепаивандад.

Хулосаи мазкур қонуни Кулонро ифода менамояд. Ин қонунро соли 1785 физики франсаӣ Ш. Кулон (1736-1806) кашф намуд ва аз ин рӯ номи ӯро гирифтааст.

Қонуни Кулонро дар шакли математикӣ ба таври

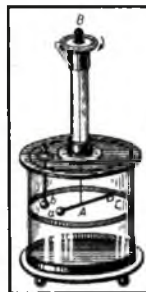
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (3.1.1)$$

менависанд, ки ин ҷо  $q_1$  ва  $q_2$  бузургии зарядҳо,  $r$ -масофаи байни онҳо,  $k$ -коэффисиенти мутаносибиест, ки аз интиҳоби системаи воҳидҳои ченкунӣ вобастагӣ дорад. Азбаски қимати  $k$  доимо мусбат аст, бинобар ин барои зарядҳои гуногунном қувваи манфӣ (кашиш) ва барои зарядҳои ҳамном қимати қувваи мусбат (таладиҳӣ) мувофиқ меояд.

Аз қонуни Кулон (3.1.1) фақат қувваи таъсири мутақобили заряди ҷисмҳои нуқтагии беҳаракатро муайян кардан мумкин аст. Вале ҳар гуна ҷисми заряднокро ҳамчун маҷмӯи нуқтаҳои моддӣи заряднок муоина намудан мумкин нест. Аз ин сабаб қуввае, ки бо он як ҷисми заряднок ба дигараш таъсир мекунад, ба суммаи вектори қувваҳои баробар аст, ки ба тамоми зарядҳои нуқтагии ҷисми дуюм ҳар як заряди нуқтагии ҷисми якум таъсир мекунад.

Таъсири мутақобили зарядҳои электрикӣи нуқтагиро Кулон дар тарозуи чарҳзананда омӯхта буд (расми 124). Тарозуи чарҳзананда аз миллаи шишагин (А)-и ба ресмони борики чандирӣ (В) овехташуда иборат буд. Дар яке аз нӯгҳои милла сакқои филизии майда маҳкам карда шуда, дар нӯги дигари он бори сакқои филизиро дар мувозинаторанда (порсанг) меистод.

Сакқои филизии дуюм (b) дар шифти тарозу беҳаракат маҳкам карда шуда буд. Агар сакқоҳоро заряднок кунем, пас дар зери таъсири мутақобили онҳо милла дар ҳамвории уфуқӣ тоб меҳурад. Пас, аз рӯи кунҷи гардиши милаи А ба қувваи таъсири мутақобили зарядҳо баҳо додан мумкин аст.



Расми 124

Кулон тадқиқоти худро дар шароите гузаронд, ки дар он қувваи таъсири мутақобили зарядҳо ба қувваи таъсири онҳо дар хало (вакуум) мувофиқат мекард. Таҷрибаҳои минбаъда нишон доданд, ки муҳити зарядҳоро ихотакунанда қувваи таъсири мутақобили онҳоро тағйир медиҳад. Агар фазои байни зарядҳо бо ягон модда (масалан, карасин,

об, равған, шиша ва ҳоказо) пур карда шавад, он гоҳ қувваи таъсири мутақобили зарядҳо кам мешавад. Ба ин тағйирот аз  $r$  муқоисаи қувваҳои таъсири байни зарядҳо дар ҳало  $|F_0|$  ва муҳит  $|F|$  баҳо додан мумкин аст. Нисбати қувваҳо нуфузпазирии диэлектрикии муҳит номида, бо  $\epsilon$  ишорат мекунанд:

$$\epsilon = \frac{F_0}{F} \quad (3.1.2)$$

Аз (3.1.2) бармеояд, ки  $\epsilon$  - бузургии беандоза (беченак) аст. Дар асоси (3.1.2) қонуни Кулон намуди зерин мегирад.

$$F = \frac{F_0}{\epsilon} = k \frac{q_1 q_2}{r^2 \cdot \epsilon} \quad (3.1.3)$$

Қимати  $\epsilon$  дар вакуум 1, карасин 2, қоғазӣ хушк 22,5, об 80 ва ғайра аст.

Барои дар муҳитҳои гуногун ҳисоб кардани қувваи таъсири мутақобили зарядҳо қимати  $k$ -ро доништан зарур аст.

Тавре, ки хотирнишон кардем, қимати  $k$  аз интиҳоби воҳидҳои ченкунии бузургҳои вобаста аст. Дар системаи байналхалқӣ воҳидҳои (СБ) қувва бо нютонҳо ва масофа бо метрҳо чен карда мешаванд. Дар ин маврид зарядро бо кулонҳо чен мекунанд. Ба хотир меорем, ки 1 кулон (1 Кл) чунин зарядест, ки он ҳангоми 1А будани қувваи ҷараён дар муддати 1с аз буриши арзии ноқил мегузарад. Қувваи таъсири мутақобили ду заряди маълумро, ки нисбат ба якдигар дар ҳало дар ягон масофа ҷойгиранд, муайян карда, аз  $r$  формулаи (3.1.1)  $k$ -ро ҳисоб кардан мумкин аст.

$$k = \frac{F \cdot r^2}{q_1 q_2}$$

Дар асоси чунин таҷрибаҳо муайян гаштааст, ки дар системаи байналхалқӣ (СБ)  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$  аст. Одатан коэффисиенти  $k$ -ро дар шакли

$k = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0}$  менависанд, ки ин ҷо  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / \text{Н} \cdot \text{м}^2$  аст.

Бузургии  $\epsilon_0$  -ро доимии электрикӣ меноманд. Пас, қонуни Кулон дар системаи воҳидҳои байналхалқӣ (СБ) ба таври зерин навишта мешавад:

$$F = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} \quad (3.1.4)$$



### Саволҳои санҷишӣ

1. Агар масофаи байни ҷисмҳои заряднок ду маротиба зиёд шавад, пас қувваи таъсири байни онҳо чӣ гуна тағйир меёбад? Агар ду маротиба кам шавад чӣ?

2. Агар заряди яке аз ҷисмҳоро се маротиба зиёд кунем, қувваи таъсири



мутақобили онҳо чӣ гуна тағйир меёбад? Агар се маротиба кам кунем чӣ?

3. Қонуни Кулонро дар таҷриба чӣ тавр санҷидан мумкин аст?

4. Агар фазои байни ҷисмҳои заряднок бо ягон муҳити яқчинсаи дигар пур карда шавад, қувваи таъсири мутақобили онҳо чӣ тавр тағйир меёбад? Дар ин маврид қонуни Кулон чӣ тавр навишта мешавад?

5. Қонуни Кулонро бо қонуни ҷозибии умумичаҳонӣ муқоиса намоед. Ин қонунҳо чӣ шабоҳат ва тафовуте доранд?

## § 58. Майдони электрикӣ. Шадиҷияти майдони электрикӣ

Табиист, ки ҳангоми тадқиқи таъсири мутақобили зарядҳо оид ба моҳияти тавлид ва таъсири қувваҳо саволҳо ба миён меоянд.

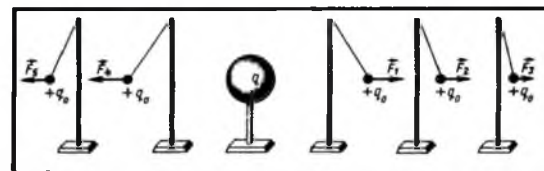
Мувофиқи тасаввуроти муосир таъсири мутақобили ҷисмҳои заряднок тавассути майдони электрикӣ ба амал меояд. Баъзе таҷрибаҳоеро ба хотир меорем, ки ба дарки дурусти табиати таъсири мутақобили ҷисмҳои заряднок асос мешаванд. Агар ба абрақи сабуки овезон ё электроскоп қаламчаи заряднокро наздик намоем, мебинем, ки абрақ ба он кашида мешавад, ё абрақи электроскоп аз мавқеи ибтидоиаш ба ягон тараф майл мекунад.

Найчаеро, ки гази тунук дорад ба болои миз мегузорем ва аз болои он лавҳаи шишагини аз моддаи органикӣ сохташударо мегузаронем. Найча равшанӣ намедихад. Ақсун лавҳаи шишагинро ба пашм молиш дода, бори дигар онро аз болои найча мегузаронем. Равшании найча дар бинои торик бараъло дида мешавад.

Ин таҷрибаҳо гувоҳӣ медиҳанд, ки ҷисми заряднок дар фазои атрофи худ майдони электрикӣ ба вуҷуд меорад. Хосияти муҳими майдон, ки аз мавҷудияти худ майдон дарак медиҳад, қобилияти ба зарядҳои электрикӣ бо ягон қувва таъсир кардани он ҳисоб мешавад. Агар ба майдони электрикии ягон заряд заряди дигарро ҷой диҳем, пас майдон ба ин заряд бо ягон қувва таъсир мекунад. Дар айни замон майдони заряди дуюм айнан бо чунин қувваи самташ муқобил ба заряди якум таъсир мекунад. Ба тарзи дигар ғуём, ба ҳар гуна заряд майдони электрикии заряди дигар таъсир мекунад. Вале майдоне, ки онро ҳар заряд дар ягон нукта ба вуҷуд меорад, аз мавҷудияти заряди дигар дар ҳамаҷо нукта вобастагӣ надорад.

Дар ин боб майдони зарядҳои беҳаракат, ё тавре ки меғӯянд, майдони электростатикиро муоина мекунем.

Майдони электрикӣ, чун дигар майдонҳои физикӣ, яке аз шаклҳои материя ҳисоб меёбад ва вай дорои энергия аст, ки ин аз воқеияти он дарак медиҳад. Бо ягон қувва таъсир кардан ба ҷисми заряднок ва кор иҷро кардан барои кӯчиши он маҳз аз ҳисоби энергия ба амал меояд.



Расми 125

Майдони электрикиро одатан бо ёрии заряди нуктагии озмоишӣ тадқиқ мекунаманд. Ба сифати

заряди озмоишӣ саққои сабуки ба ресмони мӯина овехташударо истифода бурдан мумкин аст.

Ба майдони электрикии заряди  $q$  заряди озмоишии  $q_0$ -ро дохил мекунем (расми 125). Ба заряди озмоишии  $q_0$  қувваи  $F$  таъсир мекунад, ки он мувофиқи қонуни Кулон ба заряди озмоишӣ  $q_0$  мутаносиб аст.

Вале мо агар нисбати ин қувваро ба заряди озмоишӣ  $\frac{F}{q_0}$  гирем, пас

бузургии мазкур аз интихоби заряди озмоишӣ вобастагӣ надорад ва вай танҳо майдони электрикиро дар нуктае, ки худи он ҷой гирифтааст, тавсиф медиҳаду ҳалос. Ин бузургӣ **шадидияти майдони электрикӣ** ном гирифтааст. Шадидият одатан бо ҳарфи  $E$  ишорат карда мешавад. Мувофиқи таъриф

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (3.1.5)$$

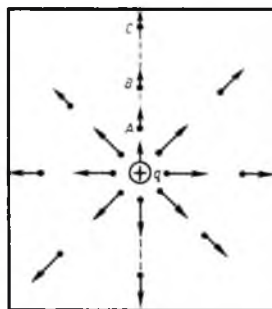
мешавад.

Ба ҳамон як нуктаи майдони электрикии заряди  $q_0$  зарядҳои  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ -ро бо навбат ҷой диҳем, қувваҳои таъсири мутақобили зарядҳо  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$  ҳосил мешаванд. Вале фаҳмидан душвор нест, ки нисбати ин қувваҳо бар зарядҳои мувофиқ бузургии яхсела, яъне

$$\frac{F_1}{q_1} = \frac{F_2}{q_2} = \frac{F_3}{q_3} = \dots = \frac{F_n}{q_n}$$

мешавад. Пас ҳамин нисбатро  $E = \frac{F}{q}$  барои мавриди дилхоҳ ҳамчун

бузургии тавсифкунандаи майдони электрикии зарядҳо қабул карда. онро шадидияти майдони электрикии заряди меноманд. Азбаски шадидият  $|E|$  оид ба бузургии қувваи таъсири мутақобили зарядҳо маълумот медиҳад, бинобар ҳамин онро тавсифи қуввагии майдон низ меноманд. Барои он ки қувваи  $F$  бузургии векторӣ ва заряд  $q$  бузургии скалярӣ мебошанд, пас шадидияти майдон низ бузургии векторӣ аст. Бояд ба назар гирифт, ки самти вектори шадидияти майдон  $E$  на аз аломати заряди озмоишӣ  $q_0$ , балки аз аломати заряде вобаста аст, ки он майдонро ба вучуд меорад. Инро аз расми 126 бо осонӣ фаҳмидан мумкин аст.



Расми 126

Ҳамин тавр. **бузургии векториери шадидияти майдони электрикӣ меноманд, ки ададан ба нисбати қувваи таъсири майдон бар бузургии ни заряд баробар аст:**

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (3.1.6)$$

Қувва дар системаи байналхалқӣ (СБ) бо нютонҳо ва заряд бо

кулонҳо чен карда мешаванд. Бинобар ин мувофиқи формулаи (3.1.6) воҳиди шадидияти майдони электрикӣ Н/Кл мешавад, вале азбаски нютон воҳиди механикӣ аст, бинобар ин ба сифати чунин воҳид

$$\frac{Н}{Кл} = \frac{Н \cdot м}{Кл \cdot м} = \frac{Ч}{Кл \cdot м} = \frac{В \cdot А \cdot с}{Кл \cdot м} = \frac{В \cdot Кл}{Кл \cdot м} = \frac{В}{м}$$

1В/м-ро истифода мебаранд.

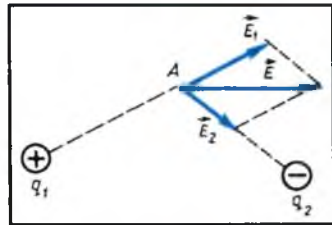
Аз формулаи (3.1.6) дида мешавад, ки ба заряди  $q$  аз тарафи майдони электрикӣ қувваи  $\vec{F} = \vec{E}q$  таъсир мекунад.

Аз рӯи тақсимоти додашудаи зарядҳо ёфтани шадидияти майдон, аз рӯи майдони додашуда ёфтани тақсимоти зарядҳо ва ёфтани қувваҳои дар майдон таъсиркунанда масъалаҳои асосии электростатиканд. Шадидияти майдони электрикийи заряди нуктагӣ дар масофаи  $r$  ба

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \quad (3.1.7)$$

баробар аст, яъне шадидияти майдони электрикийи заряди нуктагӣ бо квадрати масофа мутаносибан кам мешавад.

Акнун шадидияти майдони электрикийи ду заряди нуктагиро муайян мекунем. Бигузор дар ягон нуктаи фазо  $A$  шадидияти заряди  $q_1$  ба  $E_1$  ва заряди  $q_2$  ба  $E_2$  баробар бошад (расми 127). Агар ба нуктаи  $A$  заряди озмоишии  $q_0$ -ро ҷойгир намоем, пас майдони ҳар ду зарядҳо ба он бо қувваҳои  $\vec{F}_1 = q_0\vec{E}_1$  ва  $\vec{F}_2 = q_0\vec{E}_2$  таъсир мекунад, ки баробартаъсиркунандаи онҳо



Расми 127

ба суммаи геометрияшон:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = q_0\vec{E}_1 + q_0\vec{E}_2 = q_0(\vec{E}_1 + \vec{E}_2)$$

баробар аст. Шадидияти умумии майдон

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

мешавад.

Ҳамин тарик, шадидияти умумии майдони электрикийи зарядҳо ба суммаи вектории шадидияти майдонҳои алоҳида баробар аст.

Чунин қоидаи ҷамъи вектории шадидияти майдонҳои электрикийи барои миқдори ихтиёрии зарядҳо дуруст аст. Агар  $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3, \dots, \vec{E}_n$  - шадидияти майдонҳои зарядҳои алоҳида дар ягон нукта бошанд, пас шадидияти умумии майдон  $E$  дар ин нукта ба

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n = \sum_k \vec{E}_k \quad (3.1.8)$$

баробар мешавад.

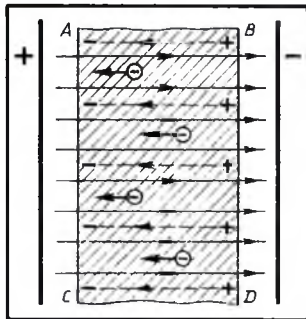
Ҳамин тавр, майдони умумиро бо роҳи ҷамъкунии вектори (суперпозитсия) майдонҳои электрикии зарядҳои алоҳида ёфтан мумкин аст. Ин ҳулосаро аксар вақт принципи суперпозитсияи майдонҳо меноманд. Вай факти дар таҷриба санҷидашударо ифода мекунад, ки мувофиқи он майдонҳои электрикӣ ба заряди озмоишии сеюм новобаста аз ҷағдигар таъсир мекунад.

### ? Саволҳои санҷишӣ

1. Майдони электрикиро дар нуқтаи муайяни фазо чӣ тавр ошкор кардан мумкин аст?
2. Шадидияти майдони заряди нуқтагиро аз рӯи кадом формула ҳисоб мекунад?
3. Шадидияти майдони ду заряди нуқтагиро чӣ тавр муайян мекунад?
4. Принципи суперпозитсияи майдонро шарҳ диҳед.
5. Таъсири майдони электростатикӣ ва шадидияти майдони нуқтае, ки заряд дар он ҷойгир аст, чӣ гуна вобастагӣ доранд?

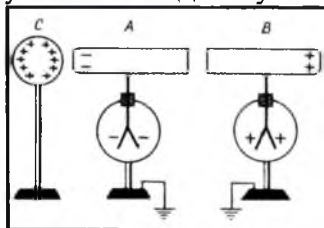
## § 59. Ноқилҳо дар майдони электрикӣ

Дар ноқилҳои безаряд ҳамеша заряди пурраи ионҳои мусбат ба заряди пурраи электронҳои озод баробар аст. Агар ноқилро ба майдони электрик дохил намоем (расми 128), таҳти таъсири қувваҳои майдон электронҳои озод дар ноқил ба самти муқобили ҳаҷҳои шадидияти майдон ба ҳаракат меоянд. Дар натиҷа дар як қисми ноқил (тарافی чап) ҷамъшавии шумораи барзиёди зарядҳои манфӣ, дар қисми дигари он ҷамъшавии шумораи барзиёди зарядҳои мусбат ба амал меояд. Моҳияти ҳодисаи зарядноқшавӣ бо таъсир маҳз аз ҳамин иборат аст. Барои ба ин бовар кардан ба таҷриба муроҷиат мекунем.



Расми 128

Ба миллаҳои ду электрометрҳои якхела ба ҷои сакҷоҳо ду устувоҳои якхелаи филизӣ А ва В-ро мешиномем ва асосҳои онҳоро бо якдигар мерасонем (расми 129). Ба устувоҳои А сакҷои мусбат зарядноқшударо наздик мекунем. Ақрабаҳои ҳар ду электрометр таҳти кунҷҳои якхела майл мекунад, зеро ба тӯфайли таъсири қувваҳои майдони электростатикӣ дар устувоҳои В пайдошавии заряди мусбат мушоҳида мешавад. Агар сакҷои заряднокро дур созем, ақрабаҳои ҳар ду электрометр ба мавқеи пештараашон майл мекунад, чунки ҳангоми набудани майдони электростатикӣ электронҳо ба тамоми ҳаҷми устувоҳои



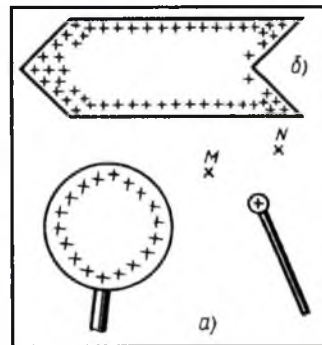
Расми 129

А ва В мунтазам таксим мешаванд. Хангоми дар майдони сакқои заряднок чудо кардани устувонаҳои А ва В дар онҳо зарядҳои баробар ва аломаташон муқобил боқӣ мемонад ва ин зарядҳо дар ҳолати дур кардани сакқои заряднок ҳам боқӣ мемонанд. Агар дар майдони сакқои заряднок ба яке аз устувонаҳо, масалан, ба В ангуштамонро расонем ё онро ба замин пайваст кунем, пас электронҳои озод аз Замин ба устувона гузафта, онро безаряд мекунад. Баъди аз Замин чудо шудан ҳар ду устувона дорои заряди манфӣ мешаванд.

Аз нав ба муоинаи ноқиле бармегардем, ки он ба майдони электрикӣ дохил карда шудааст (расми 128). Зарядҳои барзиёд пайдошуда дар ноқил майдони иловагии электрикиро ба вучуд меоваранд, ки самти он ба самти майдони асосӣ муқобил аст (хатҳои шадидияти ин майдон дар расми 128 бо хатҳои рах-рах тасвир шудаанд). Бинобар ин шадидияти майдони натиҷавӣ дар ноқил суст мешавад. Аз ин сабаб қувваи ба электронҳо таъсиркунанда кам мешавад. Вақте ки қимати шадидияти майдонҳои беруна ва дохили баробар мешаванд, кучиши бетартибонаи электронҳо қатъ мегардад. Хангоми безаряд будани ноқил ҳам шадидияти майдони электрикӣ дар дохили ноқил баробари сифр аст, зеро дар натиҷаи суперпозитсия майдонҳои микроскопии электронҳо ва ионҳои якдигарро ҷуброн мекунад ва қимати миёнаи шадидияти майдони натиҷавӣ ба сифр баробар мешавад.

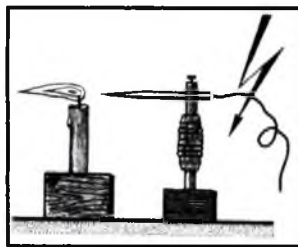
Ҳамин тавр, чи дар дохили ноқили заряднок ва чи дар дохили ноқили безаряд майдони электрикӣ вучуд надорад. Ҳимояи электростатикӣ асбобҳои нисбат ба майдони электрикӣ ҳассос маҳз ба ҳамин хусусият асос ёфтааст. Барои аз майдони электрикӣ ҳимоя кардан асбобҳоро дар дохили қутбӣ-экранҳои филизӣ ҷойгир мекунад. Аксар вақт ҳуди манбаи майдони электрикиро, ки ба дастгоҳҳои гуногуни атроф халал мерасонад, пардапӯш мекунад.

Акнун ба ҷойгиршавии сатҳии зарядҳо шинос мешавем. Саққочаи нӯги қалами оиқшуда (изолятсия) ба нуқтаҳои гуногуни сакқои заряднок ва баъд ба электромметр расонида, ҳар бор кунчи моилшавии ақрабаки онро ба қайд мегирем ва боварӣ ҳосил мекунем, ки дар сатҳи сакқои аз ноқилҳои дигар дур ҷойгиршуда зарядҳо мунтазам ҷойгир мешаванд (расми 130, а). Ноқили шакли дурусти хандасӣ (геометрӣ) надоштаро (расми 130, б) заряднок карда, фаҳмидан душвор нест, ки миқдори зиёди зарядҳо дар қисмҳои барҷаста ва хусусан дар тегаҳои он ҷой мегиранд. Агар ноқили заряднок тегаҳои нӯгтез дошта бошад, пас шадидияти майдон дар атрофи онҳо меафзояд. Ионҳои, ки аломати зарядашон ба заряди тега мувофиқ аст, аз нӯги тега ба ҳаракат даромада, молекулаҳои безарядро (нейтралӣ) бо худ мебаранд. Дар натиҷа аз тегаи тез чараёни ҳавои самтнок ё боди электрикӣ пайдо мешавад. Ба тегаи тез шамъи фурузонро наздик карда, (расми 131) ин



Расми 130

бодро ошкор кардан мумкин аст, ки бо таъсири он ҳатто хомӯш гаштани шамъ имконпазир аст.



Расми 131

Ҳодисаи аз тегаҳо чоришавии зарядҳоро дар техника низ ба ҳисоб мегиранд. Барои пешгирии чоришавии зарядҳо дар тамоми асбоб ва мошинҳое, ки тахти шиддати электрикии баланд қор мекунанд, қисмҳои филизии онҳоро қурашакл, нӯғҳои милаҳоро қурамонанд ҳамвор месозанд, чунки аз тегаҳои тез чоришавии зарядҳо сабаби вайроншавии оиқ мегардад.

**Масъала.** Заряди нуқтагии  $q = 1,6 \cdot 10^{-8}$  Кл дар ҳало (вакуум) ҷойгир аст. Шадиияти майдонро дар нуқтаи 10 см дуртар аз заряд муайян намоед. Майдон ба заряди  $q_1 = 2 \cdot 10^{-9}$  Кл дар ҳамин нуқта бо кадом қувва таъсир мекунад?

**Ҳал.** Мувофиқи формулаи (3.1.7), шадиияти майдони заряди нуқтагӣ

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^2} \approx 1,44 \cdot 10^4 \text{ Н / Кл}$$

мешавад. Барои муайян кардани қуввае, ки бо он майдон ба заряди  $q_1$  таъсир мекунад, аз формулаи зерин истифода бурдан мумкин аст

$$F = q_1 E = 2,88 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Ҳодисаи заряднокшавиро шарҳ диҳед.
2. Ҳангоми заряднокшавӣ тақсимшавии зарядҳои электрикӣ аз ҳисоби кадом энергия ба амал меояд?
3. Асбоб, дастгоҳ ва одамонро аз таъсири хавфноки майдони электрикии беруна чӣ тавр муҳофизат кардан мумкин аст?
4. Ноқил аз гайриноқил чӣ фарқ дорад?
5. Дар ноқиле, ки ба майдони электростатикӣ дохил карда мешавад, чӣ тағйирот рӯй медиҳад?

### ⚠️ Машқи 30

1. Ду сакҳои якхела, ки ҳар кадом заряди  $4 \cdot 10^{-6}$  Кл доранд, дар масофаи 40 см якдигарро дар ҳаво дар ҳолати мувозинатӣ нигоҳ медоранд. Ин сакҳо байни худ бо кадом қувва таъсир мекунанд?
2. Ду сакҳои якхела, ки ҳар кадом  $m = 0,25$  г масса доранд, бо ресмонҳои дарозияшон  $\ell = 30$  см ва ба як нуқта овезон мебошанд. Баъди ба сакҳо додани заряди якхела, онҳо ба масофаи  $d = 20$  см аз якдигар дур шуданд. Заряди сакҳо муайян кунед.
3. Шадиияти майдони электрикиеро муайян кунед, ки онро заряди бузургии  $5 \cdot 10^{-4}$  Кл дар масофаи 1 км дар вакуум ба вучуд меоварад.
4. Зарядҳои мусбати қимати мутлақашон якхела дар қуллаҳои квадрат қарор доранд. Шадиияти майдон дар маркази квадрат чӣ қадар аст?
5. Ду заряди нуқтагии ҳамном, ки бузургияшон  $2 \cdot 10^{-8}$  Кл ва  $1,6 \cdot 10^{-7}$  Кл аст, аз якдигар дар масофаи 20 см дар қарасин ҷой гирифтаанд. Шадииятро дар миёнаҳои масофаи байни онҳо муайян кунед.

## § 60. Кори майдони электрикӣ ҳангоми кӯчиши заряд

Дар майдони электрикӣ ба ҷисми заряднок қувва таъсир мекунад. Азбаски таъғи таъсири ин қувва ҷисм метавонад ҷои худро иваз намояд, пас майдон қор иҷро мекунад. Қореро ҳисоб мекунем, ки онро майдони яқинсаи шадидияташ  $\vec{E}$  (расми 132) ҳангоми кӯчиши ҷисми заряднок иҷро мекунад.

Ба заряди нуқтагии  $+q$  дар майдони яқинсаи электрикӣ  $E = \text{const}$  қувваи  $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$  таъсир мекунад.

Ҳангоми кӯчиши заряд аз нуқтаи В ба нуқтаи С бо роҳи ростхаттаи S майдон қори  $A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$  -ро иҷро мекунад, ки дар ин ҷо  $\vec{F} = q\vec{E}$ ,  $d$  - қунҷи байни векторҳои қувва F ва кӯчиши BC мебошанд. Аз нуқтаи С ба самти хати шадидият, ки аз нуқтаи В мегузарад, перпендикулярӣ  $CC_1$ -ро мегузаронем. Азбаски  $d = BC_1 = S \cos \alpha$  аст, пас  $A = Fd = qEd$  мешавад.

Агар заряди  $+q$  аз рӯи хати шикастаи ВДС мунтазам кӯчонда шавад, пас майдон қори  $A = FS_1 \cos \alpha + F_2 S_2 \cos \alpha$  -ро иҷро мекунад. Вале  $S_1 \cos \alpha = BD_1$ ;  $S_2 \cos \alpha = D_1C_1$  ва тавре ки аз расми 132 мебинем,

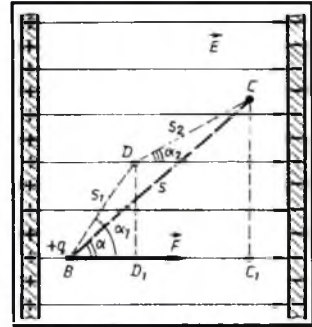
$$A_1 = FBD_1 + FD_1C_1 = FBC_1 = Fd$$

ё ки  $A_1 = A$  мешавад.

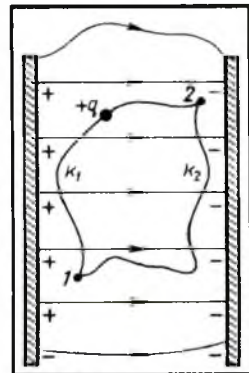
Агар заряди  $+q$  аз нуқтаи В то С бо роҳи ихтиёрии қачхатта мунтазам кӯчонда шавад, пас роҳи паймудаи онро метавон ба қитъаҳои бисёр хурди ростхатта ҷудо кард, ки суммаи проексияҳои онҳо дар самти хатҳои шадидияти аз нуқтаи В гузаранда ба  $d$  баробар мешавад. Пас маълум мегардад, ки дар ин ҳолат ҳам қори  $A_2$ , ки онро майдон ҳангоми кӯчиши заряди  $q$  аз нуқтаи В ба С иҷро мекунад, ба  $A_2 = A = Fd = qEd$  баробар мешавад.

Азбаски масирҳои ҳаракат ихтиёрии интиҳоб шуда буданд, пас қори кӯчиши заряд дар майдони яқинсаи электрикӣ аз шакли масир вобаста набуда, фақат аз мавқеи ибтидоӣ ва интиҳои заряд вобастагӣ дорад.

Ба ҳулосаи мазкур дар асоси муҳокимаронии умумии зерин низ омадан мумкин аст. Фарз мекунем, ки қори  $A_k$  ҳангоми кӯчиши заряд қад-қади қисми  $k_1$ -и контур (расми 133) ба қори  $A_{k_2}$  дар қисми  $k_2$  баробар нест. Пас, ҳангоми кӯчиши заряд аз рӯи контури сарбастае, ки аз қисмҳои  $k_1$  ва  $k_2$  таркиб ёфтааст, аз қор бурд ҳосил мекардем  $A = A_{k_1} \neq A_{k_2}$ . Вале ин ҳилофи қонуни бақои энергия аст. Маълум аст, ки баъди ба нуқтаи ибтидоии 1 баргаштани заряд дар системаи муоинашавандаи қисмҳо ягон



Расми 132



Расми 133

тағйирот ба вучуд намеояд ва аз ин рӯ ягон бурд ва харчи кор вучуд надорад.

Ин маънои беасосии фарзияи болоро дорад ва амалан кори кучонидани заряд аз шакли роҳ вобаста набуда, фақат аз мавқеи ин нуқтаҳо вобастагӣ дорад.

Аз гуфтаҳои боло инчунин бармеояд, ки кори қувваҳои электрикӣ ҳангоми аз рӯи контури сарбаста кучонидани заряд ба сифр баробар аст. Мисли он ки мувофиқи қонуни ҷозоба ҳар гуна ҷисми аз маркази Замин дар масофаҳои ҳархела ҷойгиршуда энергияҳои потенциалии гуногун дошта метавонад. Заряди электрии  $q$  дар масофаҳои гуногун аз заряди дигари  $q_0$  низ дорои энергияи потенциалии ҳархела мешавад. Ченаки тағйирёбии энергияи потенциалии таъсири мутақобили электрикӣ кор мебошад ва барои кучиши заряди  $q$  иҷро мешавад. Агар дар нуқтаи 1-и майдон заряди  $q$  дорои энергияи потенциалии  $\Pi_1$  бошад ва дар нуқтаи 2 энергияи потенциалии он  $\Pi_2$  шавад, пас кори қувваҳои майдони электрикӣ ба

$$A = \Pi_1 - \Pi_2 \quad (3.1.9)$$

баробар мешавад.

Ҳамин тариқ, кори қувваҳои майдони электрикӣ барои тағйирёбии энергияи потенциалии майдон сарф мешавад. Бори дигар қайд мекунем, ки ин кор аз шакли масири ҳаракат вобастагӣ надорад ва танҳо ба мавқеи байниҳамдигарии нуқтаҳои 1 ва 2 вобаста аст.



#### Саволҳои санҷишӣ

1. Кори кучондани ҷисми заряднок дар майдони яқинсаи электрикӣ аз рӯи кадом формула ҳисоб карда мешавад?
2. Оё кори кучондани ҷисми заряднок аз шакли масир вобастагӣ дорад?
3. Кори кучиши ҷисми заряднок дар майдони электрикӣ аз рӯи контури сарбаста чӣ қадар аст?

## § 61. Потенциал ва фарқи потенциалҳо

Ҳангоми аз нуқтаи 1 ба нуқтаи 2-и майдон кучондани заряди  $q$  ба он қувва таъсир мекунад. Кори қувваҳои майдон ба бузургии ин заряд мутаносиб аст. Нисбати ин кор бар бузургии заряди кучанда аз қимати заряд вобаста набуда, вай мавқеи нуқтаҳои ибтидоӣ ва интиҳои кучиши онро тавсиф медиҳад.

$$\frac{A}{q} = \frac{\Pi_1}{q} - \frac{\Pi_2}{q} \quad (3.1.10)$$

ки ин ҷо  $\Pi_1$  ва  $\Pi_2$  энергияҳои потенциалии заряди  $q$  дар нуқтаҳои 1 ва 2-и майдон мебошанд. Энергияи потенциалии ин заряд дар нуқтаҳои гуногуни майдон қиматҳои гуногун дорад. Вай ҳам аз хосиятҳои худ

майдон ва ҳам аз заряд вобаста аст. Аммо нисбати  $\frac{\Pi}{q}$  аз қимати заряд

вобаста набуда, ҳамчун тавсифи энергияи майдон хизмат мекунад ва **потенциали майдон** дар нуқтаи додашуда номида мешавад.



Бузургии  $\frac{P_1}{q} - \frac{P_2}{q}$  тағйирёбии энергияи потенциалии заряди воҳидии мусбатро ифода мекунад. Одатан ин бузургиро бо  $\varphi_1 - \varphi_2$  ишорат карда, фарқи потенциалҳои байни нуқтаҳои 1 ва 2-и майдони электрикӣ меноманд:

$$\frac{A}{q} = \frac{P_1}{q} - \frac{P_2}{q} = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (3.1.11)$$

Пас кори қувваҳои майдони электрикӣ ҳангоми аз нуқтаи 1 ба нуқтаи 2-и майдон кӯчондани заряди  $q$  ба ҳосили зарби заряд ва фарқи потенциалҳои нуқтаҳо баробар аст:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (3.1.12)$$

Дар асоси ин формула фаҳмидан душвор нест, ки фарқи потенциалҳои байни ду нуқтаи майдон маънои физикӣ дорад, ки онро **шиддат** меноманд. Аз тарафи дигар ҳамон як фарқи потенциалҳоро ба воситаи миқдори беохир зиёди чуфти ададҳо ифода кардан мумкин аст, ки дар ин маврид потенциали нуқта адади дилхоҳ буда метавонад. Одатан потенциали нуқтаҳои майдонро, ки нисбат ба заряди  $q$  дар масофаи хеле дур воқеъанд, баробари сифр гуфта, қабул мекунам. Аз ин рӯ дар асоси формулаи (3.1.12) кори қувваҳои майдони заряди  $q$  барои нуқтаи 1

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_\infty) = q\varphi_1$$

ва

$$\varphi_1 = \frac{A}{q} \quad (3.1.13)$$

мешавад. Пас потенциали нуқтаи додашудаи майдон ададан ба кори қувваҳои майдон ҳангоми то беохир кӯчондани заряди воҳидии мусбат баробар аст.

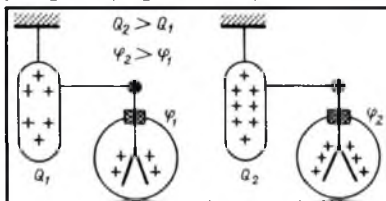
Ҳангоми масъалаҳои амалии электротехникӣ потенциали сатҳи Замиро ҳамчун потенциали сифрӣ қабул карда, нисбат ба он потенциали нуқтаҳои дигарро ҳисоб мекунам. Воҳиди ченкунии потенциалро аз рӯи формулаи (3.1.13) ҳосил мекунам. Дар Системаи байналхалқӣ (СБ) кор бо чоулҳо ва заряд бо кулонҳо чен карда мешаванд, яъне воҳиди ченкунии потенциал 1Ҷ/Кл мешавад. **Ин воҳидро вольт (В) меноманд. Ҳамин тавр 1 вольт фарқи потенциалҳои ду нуқтаи майдони электрикӣ мебошад, ки ҳангоми дар байни онҳо кӯчондани заряди як кулон бояд кори ба як чоул баробар иҷро шавад.**

### **?** Саволҳои санҷишӣ

1. Чиро фарқи потенциалҳои байни ду нуқтаи майдони электрикӣ меноманд? Потенсиали нуқтаи майдон чист?
2. Дар кадом мавридҳо барои аз як нуқта ба дигар нуқтаи майдони электрикӣ кӯчондани заряд энергия сарф намешавад?
3. Фарқи потенциалҳо ё худ потенциал бо кадом воҳидҳо чен карда мешаванд?
4. Ҳангоми борони саҳт фарқи потенциалҳои байни абрҳо ва Замиин ба  $10^9$  В мерасад. Инро чӣ тавр шарҳ медиҳед?

## § 62. Ғунҷоиши электрии

Аз параграфи гузашта фаҳмидем, ки дар ноқил тақсимшавии зарядҳо то даме давом мекунад, ки майдони беруна майдони хусусии зарядҳои дар сатҳи ноқил тақсимшударо ҷуброн накунад. Дар дохили ноқил майдон мавҷуд нест ва тамоми нуқтаҳои сатҳи он потенциали якхела доранд. Барои ошкор кардани вобастагии потенциали ноқил аз заряди он ба таҷриба муроҷиат мекунем. Саққои филизиеро аз дигар ноқилҳо дур ҷойгир мекунем, то ки бо таъсири онҳо заряднок нашавад. Онро бо сими оқдор ба электрометр пайваस्त намуда, заряди онро зиёд мекунем (расми 134). Мебинем, ки бо афзоиши заряди саққо потенциали он низ меафзояд, яъне заряди ноқил ба тағйирёбии потенциали он мутаносиби роста аст,  $q = C\phi$ .



Расми 134

Коеффициенти мутаносибии  $C$  фақат дар шароитҳои таҷрибаи мазкур доимӣ мемонад. Агар ҳамин таҷрибаро бо ноқили дигар гузаронем, пас доимии  $C$  ба қимати ададии дигар молик мегардад. Вобастагии мутаносибии ростаи байни заряд ва потенциали ноқил на танҳо барои ноқили намуди саққодошта, балки барои ҳар гуна ноқил ҷой дорад. Бинобар ин нисбати заряд бар потенциали он аз қимати заряд вобаста набуда, балки аз рӯи андоза, шакли ноқил ва хосиятҳои электрии муҳити атроф (нуфузпазирии диэлектрикӣ -  $\epsilon$ ) муайян мешавад. Нисбати ин бузургӣро одатан **ғунҷоиши электрии** ё **ғунҷоиши ноқил** меноманд.

Ҳамин тавр, бузургӣро **ғунҷоиши электрии** меноманд, ки аз рӯи нисбати заряди ноқил  $q$  бар потенциали он чен карда мешавад.

$$C = \frac{q}{U} \quad (3.1.14)$$

Таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки ғунҷоиши электрии ноқил аз андоза ва шаклҳои ноқил вобаста аст. Вай аз модда, ҳолати агрегатӣ, шакли андозаҳои қабатҳои дохилии ноқил вобастагӣ надорад. Инро бо он шарҳ медиҳанд, ки зарядҳо дар сатҳи берунаи ноқил тақсим мешаванд. Ғунҷоиш  $C$  инчунин аз заряд ва потенциали ноқил вобаста нест. Ин гуфтаҳо формулаи (3.1.14)-ро рад намеkunанд, зеро вай фақат нишон медиҳад, ки потенциали ноқили ҷудогона ба заряди он мутаносиби роста ва ба ғунҷоиши он мутаносиби чаппа аст.

Аз формулаи (3.1.14) маълум мегардад, ки воҳиди ченкунии ғунҷоиши электрии дар Системаи байналхалқӣ /СБ/ 1Кл/В аст. Ба шарафи физики англис М. Фарадей (1791-1867) воҳиди мазкур фарада (ишорааш  $\Phi$ ) номида мешавад. Ҳамин тариқ

$$1\Phi = 1\text{Кл}/\text{В}$$

аст.

Дар амалия бештар воҳидҳои каратии ғунҷоиши электрии:  $1\text{мк}\Phi = 10^{-6}\Phi$  ва  $1\text{п}\Phi = 10^{-12}\Phi$ -ро истифода мекунанд.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Гунҷоиши электрии ноқилро шарҳ диҳед?
2. Магар гунҷоиши электрии ноқили ҷудогона аз масса ва шакли он вобастагӣ дорад? Аз мавҷудияти ноқилҳои дигари ба он наздик ҷӣ?
3. Ду сакҳои якхела агар дар ҳало зарядҳои якхела дошта бошанд, оид ба потенциали онҳо ҷӣ гуфта метавонем?

## § 63. Конденсаторҳо

Ноқил барои гунҷоиши зиёд доштан, бояд андозаҳои калон дошта бошад. Дар асбобҳои электротехникӣ ва радиотехникӣ қисми занҷирҳои дучор мешаванд, ки бо вучуди андозаҳои нозизи худ ва потенциали нисбатан ками ҷисмҳои атроф қобилияти ҷамъ кардани зарядҳои зиёд, яъне гунҷоиши зиёд доранд. Чунин асбобҳоро **конденсаторҳо** меноманд.

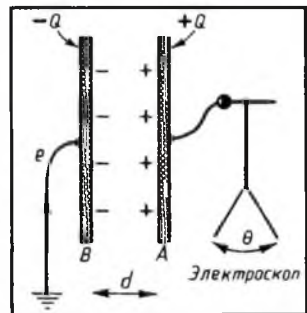
Конденсатор аз ду ноқиле (лавҳа) иборат аст, ки аз якдигар бо оик (изолятор) ҷудо карда шудаанд. Барои ба гунҷоиши конденсатор таъсир нарасонидани ҷисмҳои дигар ноқилҳо ба шакле сохта мешаванд, ки майдони зарядҳо дар ковокии байни лавҳаҳои конденсатор ба амал ояд. Барои ин интиҳоби ду лавҳаи ҳамвор, ду устувоии коаксиалӣ, ду сфераи консентрӣ ба мақсад мувофиқ аст. Аз ин сабаб конденсаторҳо вобаста аз шакли лавҳаҳо ҳамвор, устувонавӣ ва сферавӣ мешаванд.

Гунҷоиши конденсатор ба нисбати заряди  $Q$ -и конденсатор бар фарқи потенциалҳои  $\varphi_1 - \varphi_2$  байни лавҳаҳои он баробар аст:

$$C = \frac{Q}{\varphi_1 - \varphi_2} \quad (3.1.15)$$

Азбаски дар формулаи (3.1.15) фарқи потенциалҳои байни лавҳаҳо иштирок дорад, гунҷоиши конденсатор аз интиҳоби сатҳи сифрии потенциал ва мавҷудияти ҷисмҳои атроф вобастагӣ надорад (мавҷудияти майдонҳои электрии берӯна потенциали лавҳаҳоро якхела тағйир медиҳанд, аз ин сабаб  $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$  бетағйир мемонад).

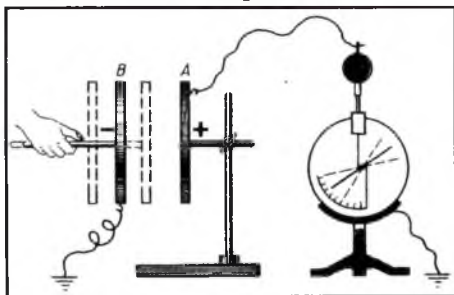
Бо конденсатори ҳамвори содатарин шинос мешавем. Вай аз ду лавҳаи филизии  $A$  ва  $B$  иборат аст (расми 135), ки онҳо бо диэлектрик аз якдигар ҷудо мебошанд. Лавҳаи  $A$ -ро мусбат заряднок мекунем. Пас дар сатҳи дохилии лавҳаи  $B$  тавассути илко заряде пайдо мешавад, ки қимати ба заряди лавҳаи  $A$  баробару аломаташ муқобилро дорад, вале дар сатҳи беруни он заряди мусбат пайдо мегардад. Лавҳаи  $B$ -ро бо замин пайваст мекунем, пас заряди мусбати он ба ноқили бузург-Замин гузашта, он дорои потенциали Замин мешавад. Заряди манфии баробарқиматро заряди мусбати лавҳаи  $A$  нигоҳ медорад. Зарядҳои гуногуноми якдигарро ҷазбкунандаи ҳар ду лавҳа фақат дар қисми дохилии онҳо боқӣ мемонанд.



Расми 135

Дар байни лавҳаҳо майдони якчинсаи электрикӣ пайдо мешавад. Ин чунин маъно дорад, ки бар хилофи ноқили ҷудогона, ки ғунҷоишаш аз мавҷудияти ноқилҳои дигари атроф вобастагӣ дорад, ғунҷоиши конденсатор аз ноқилҳои наздики он вобастагӣ надорад.

Ғунҷоиши конденсатор бояд аз масоҳати лавҳаҳо, аз масофаи байни онҳо вобаста бошад. Барои омӯзиши ин вобастагӣ аз конденсатори масофаи байни лавҳаҳояш тағйирёбанда истифода бурдан мумкин аст (расми 136). Ба тағйирёбии ғунҷоиш аз рӯи тағйирёбии нишондоди электрометр баҳо медиҳем.



Расми 136

Таҷриба нишон медиҳад, ки хангоми аз як лавҳа дур шудани лавҳаи дигар фарқи потенциалҳои байни онҳо меафзояд, вале ин нишонаи кам шудани ғунҷоиши конденсатор аст. Ҳамин тавр, агар лавҳаҳоро наздик кунем, ғунҷоиши конденсатор меафзояд. Кунчи моилшавии ақрабаки электрометр ва масофаи байни лавҳаҳои конденсаторро чен карда, аниқ қардан мумкин аст, ки ғунҷоиши конденсатор ба тағйирёбии масофаи байни лавҳаҳои он мутаносиби чаппа аст.

Агар масофаи байни лавҳаҳоро бетағйир монда, масоҳати рӯяҳои онро тағйир диҳем. Мебинем, ки ғунҷоиши конденсатор ба масоҳати қорӣи он вобастагии мутаносиби роста дорад.

Дар таҷриба инчунин муқаррар қардан мумкин аст, ки ғунҷоиши конденсатор аз модда ва ғафсии лавҳаҳои он вобаста набуда, аз муҳити диэлектрикии байни онҳо вобастагӣ дорад.

Масалан, агар ғунҷоиши байни лавҳаҳои конденсаторро бо қарасин пур созем, ғунҷоиши он тақрибан ду баробар зиёд мешавад, абрақ (слода) ғунҷоишро 6-7 ва спирти этил ғунҷоишро тақрибан 26 маротиба зиёд мекунад ва ғайра.

Ҳамин тариқ, ғунҷоиши конденсатори ҳамвор ба масоҳати қорӣи лавҳаҳо ва нуфузпазирии диэлектрикии моддаи байни онҳо мутаносиби роста буда, ба масофаи байни лавҳаҳо мутаносиби чаппа аст:

$$C = k \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad (3.1.16),$$

ки дар ин ҷо  $S$  - масоҳати яке аз лавҳаҳо,  $d$  - масофаи байни онҳо,  $k$  - коэффисиенти мутаносибӣ мебошанд.

Коэффисиенти  $k$  барои конденсатори ҳамвор дар Системаи байналхалқӣ (СБ) баробари воҳид аст. Пас,

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad (3.1.17)$$

мешавад.

Аз формулаи (3.1.17) бармеояд, ки агар масофаи байни лавҳаҳо кам шавад, пас конденсатори ғунҷоишаш зиёд ҳосил мешавад. Вале инро низ бояд ба ҳисоб гирифт, ки бо камшавии ғафсии диэлектрик хангоми бетағйир мондани фарқи потенциалҳо шадидияти майдони конденсатор дар лавҳаҳо меафзояд ва хангоми ба дараҷаи муайян расидани шадидият мумкин аст, сӯрохшавии диэлектрик ба вучуд ояд. Аз ин рӯ, ба ҳар як конденсатор дар қатори ғунҷоиш ба шиддати кории максималиаш баҳо медиҳанд.

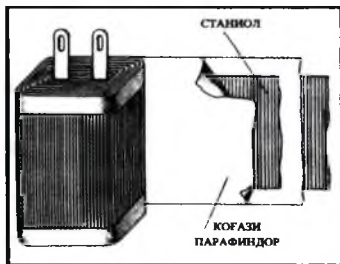
### ? Саволҳои санҷишӣ

1. Конденсатори ҳамвори ҳавоӣ то ягон қимати фарқи потенциалҳо заряднок карда шудааст. Агар масофаи байни лавҳаҳои конденсаторро ду маротиба зиёд кунем, ғунҷоиши электрикӣ ва фарқи потенциалҳои он чӣ тағйир меёбад? Агар дар байни лавҳаҳои он лавҳаи шишагинро ҷойгир кунем чӣ ( $\epsilon = 7$ )?

2. Дар конденсатор навиштаҷоти « $C=40$  мкФ;  $U=300$ В» чиро ифода мекунад?

## § 64\*. Навъҳои конденсаторҳо

Конденсаторҳо дар электротехника ва радиотехника ба таври васеъ истифода мебаранд ва онҳоро вобаста ба талаботи техникашон ғунҷо месоҷанд.



Расми 137

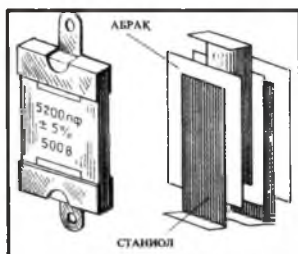
Ҳоло конденсаторҳои қоғазин барои шиддатҳои садҳо вольт ва ғунҷоиши чандин микрофарада (расми 137) истифода бурда мешаванд. Лавҳаҳои чунин конденсаторҳо ду тасмаи тунуки аз фолгаи филизӣ тайёркардашуда ва қабати оққдори байни онҳо тасмаи нисбатан васеи қоғазин, ки дар таркибаш парафин дорад, ташкил медиҳанд. Тасмаи қоғазинро дар байни лавҳаҳо гузошта, онҳоро саҳт мепаҷанд ва ба баданаи (корпус) махсус ҷой медиҳанд.

Чунин конденсатор, ки ҳаҷми қуттии ғунҷиро дорад, ғунҷоиши 10 мкФ дошта метавонад.

Дар радиотехника конденсаторҳои абрақии ғунҷоишашон то даҳҳо ҳазор микрофарада истифода мешаванд. Дар онҳо варақҳои станиолу абрақиро пайҳам қабат ба қабат чунон меғунҷоранд, ки ҳамаи варақҳои тоқи ба ҳам васлшудаи станиол ба сифати як лавҳа ва варақҳои абрақ лавҳаи дигарро ташкил медиҳанд. Шакли зоҳирӣ ва қисмҳои алоҳидаи чунин конденсатор дар расми 138 нишон дода шудааст. Конденсаторҳои номбурда метавонанд хангоми шиддатҳои сад то ҳазорҳо вольт кор кунанд.

Вақтҳои охир дар радиотехника конденсаторҳои абрақиро бо сафолӣ иваз мекардагӣ шуданд (расми 139). Сафолӣ махсус ба сифати моддаи диэлектрикӣ хизмат мекунад. Лавҳаҳои конденсаторҳои

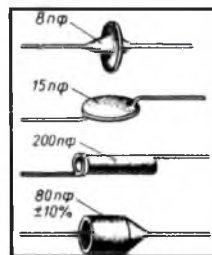
сафолин дар намуди кабати нукрае, ки ба сатҳи сафол давондаву лакпуш шудааст, тайёр карда мешаванд. Конденсаторҳои сафолин бо ғунҷоиши як то садҳо пикофарада ва барои шиддатҳои сад то ҳазорҳо вольт сохта мешаванд.



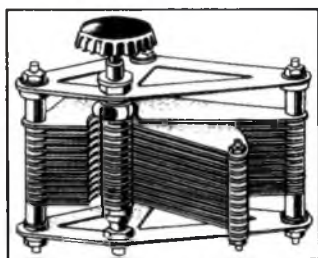
Расми 138



Расми 139



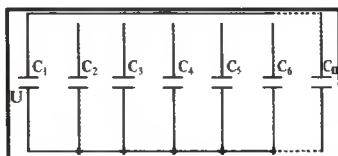
Расми 140



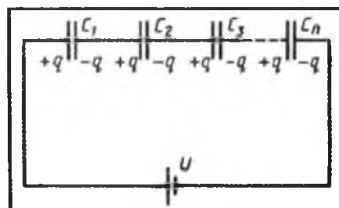
Расми 141

Ҳоло конденсаторҳои электролитӣ низ васеъ татбиқ ёфтаанд (расми 140), ки дар онҳо кабати тунуки оксиди ба сатҳи алюминий ё тантал молидашуда ва бо электролити махсус дар тамос буда, ҳамчун диэлектрик хизмат мекунад. Ин қабил конденсаторҳо андозаи хурд ва ғунҷоиши то якчанд ҳазор микрофарада доранд.

Конденсаторҳои ғунҷоишашон тағйирёбанда, ки диэлектрики хавой ё саҳт доранд (расми 141), аз ду системаи лавҳаҳои филизӣ, ки аз ҳамдигар изолятсия шудаанд, иборат мебошанд. Яке аз системаи лавҳаҳо беҳаракат буда, системаи дигари онҳо тири чархзанӣ дорад. Системаи ҳаракатнокро тоб дода, ғунҷоиши конденсаторро тадриҷан тағйир медиҳанд. Барои интиҳоби ғунҷоиши лозима ҳангоми шиддати муайян аз батареяи конденсаторҳо истифода мебаранд.



Расми 142



Расми 143

Барои ҳосил кардани ғунҷоиши зиёди электрикӣ бештар конденсаторҳоро дар батарея мувозӣ пайваст мекунанд (расми 142). Системаи конденсаторҳои мувозӣ пайвастшударо ҳамчун як конденсатори ғунҷоиши электрикаш  $C$ , ки ба суммаи ғунҷоишҳои конденсаторҳои алоҳида баробар аст, қабул кардан мумкин аст:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (3.1.18)$$

Ҳангоми пайвасти пайдарпайи конденсаторҳо гунҷоиши (расми 143) умумӣ аз рӯи ифодаи

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (3.1.19)$$

муайян карда мешавад.

## § 65. Энергияи майдони электрикӣ

Энергияи майдони электрикии конденсатори заряднок ба коре баробар аст, ки ҳангоми зарядноккунии он сарф мешавад. Зарраҷаҳои зарядноки мусбат ё манфиро аз як лавҳа ба лавҳаи дигари конденсатор гузаронида, онро заряднок мекунем. Ҳангоми гузаронидани ҳар як ҳиссаи заряди  $\Delta q$  шиддати конденсатор ба  $\Delta U = \frac{\Delta q}{C}$  меафзояд.

Тасаввур мекунем, ки дар ягон лаҳзаи вақт ҳар лавҳа заряди  $q_1$  дорад ва шиддати конденсатор ба  $U_1 = \frac{q_1}{C}$  баробар аст. Пас, ҳиссаи дигари зарядҳо  $\Delta q$  ҳангоми шиддати  $U_1$  мегузарад ва кори ҳангоми кӯчиши заряд иҷрошуда ба

$$\Delta A_1 = \Delta q U_1 = \Delta q \frac{q_1}{C} = q_1 \Delta U$$

баробар мешавад. Ҳиссаи навбатиюи заряд  $\Delta q$  ҳангоми шиддати  $U_2 = U_1 + \Delta U$  мегузарад ва кори барои кӯчиши он иҷрошуда

$$\Delta A_2 = \Delta q U_2 = \Delta q \frac{q_2}{C} = q_2 \Delta U$$

мешавад, ки дар ин ҷо  $q_2 = q_1 + \Delta q$  мебошад.

Кори барои кӯчиши ҳиссаи  $n$ -уми заряди  $\Delta q$  сарфшуда ба

$$\Delta A_n = \Delta q \frac{q_n}{C} = q_n \Delta U$$

баробар аст.

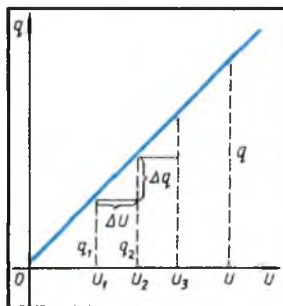
Кори пурраи  $A$ , ки ҳангоми кӯчиши тамоми заряди  $q$  сарф мешавад, ба суммаи қорҳои ҷудогона

$$A = \Delta A_1 + \Delta A_2 + \dots + \Delta A_n \quad (3.1.20)$$

баробар аст.

Ин суммаро аз рӯи вобастагии графикаи байни заряд ва шиддати конденсатор  $q = CU$  ба осонӣ ёфтан мумкин аст.

Графикаи он аз хати рости иборат аст, ки аз ибтидои координатаҳо мегузарад (расми 144). Кори барои зарядноккунии конденсатор



Расми 144

сарфшуда ададан ба масоҳати секундае баробар аст, ки асоси онро  $U$  ва баландианро  $q$  ташкил медиҳад:

$$A = \frac{1}{2} qU$$

Ҳамин тарик, энергияи майдони электрикии конденсатори заряднок ба

$$W = \frac{1}{2} qU \quad (3.1.21)$$

баробар мешавад. Ин энергияро тавассути гунҷоиши конденсатор  $C$  ва шиддати он  $U$  низ ифода кардан мумкин аст. Ба ифодаи (3.1.21)  $q = CU$  -ро гузошта ҳосил мекунем,

$$W = \frac{1}{2} CU^2 \quad (3.1.22)$$

ё  $U = \frac{q}{C}$  -ро ба (3.1.22) гузошта ҳосил мекунем.

$$W = \frac{q^2}{2C} \quad (3.1.23)$$

Энергияи майдони электрикиро тавассути шидидияти майдони электрикии байни лавҳаҳо чунин ифода мекунанд:

$$W = \frac{1}{2} \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} E^2 d^2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 \epsilon E^2}{2} Sd \quad (3.1.24),$$

ки дар ин ҷо  $d$  масофаи байни лавҳаҳо мебошад.

Ба формулаи охири танҳо бузургҳое дохил мешаванд, ки майдонро тавсиф медиҳанд. Ҳосили зарби масоҳати лавҳаҳо бар масофаи байни онҳо ба ҳаҷме баробар аст, ки дар он майдони электрикӣ ба амал меояд. Пас энергияи майдони электрикии якҷинса ба ҳаҷми ишголкардааш мутаносиб аст. Дидан душвор нест, ки дар майдони электрикии якҷинса энергияи воҳиди ҳаҷм (ё зичии ҳаҷмии энергияи электрикӣ) ба

$$w = \frac{W}{Sd} = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2} \quad (3.1.25)$$

баробар аст.



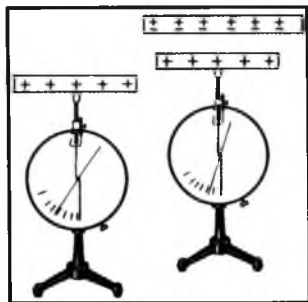
### Саволҳои санҷишӣ

1. Дорои энергия будани конденсатори заряднок дар кадом таҷриба ошкор мешавад?
2. Гунҷоиши конденсаторро тағйир надода, шиддати байни лавҳаҳои онро 2 баробар зиёд кардем. Энергияи конденсатор чӣ гуна тағйир меёбад?
3. Мувофиқи формулаи (3.1.22) энергияи конденсатори заряднок ба гунҷоишаш мутаносиби роста, вале мувофиқи формулаи (3.1.23) мутаносиби чаппа мебошад. Ин номувофикиро чӣ тавр бояд фаҳмид?

## § 66. Диэлектрикҳо дар майдони электрикӣ. Нуфузпазирии диэлектрикӣ

Аз § 63 медонем, ки ҳангоми ноқилро ба майдони электрикӣ дохил кардан, вай заряднок мешавад. Барои фаҳмидани рафтори диэлектрик дар чунин маврид ба таҷриба муроҷиат мекунем.





Расми 145

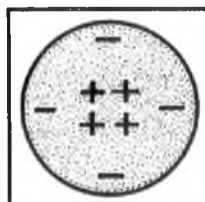
Ба электрометр заряди муайян дода, кунчи каноршавии акрабаки онро қайд мекунем ва ба сакҳои электрометр диэлектрики безарядро наздик меорем. Нишондоди электрометр ба андозае кам мешавад. Ҳангоми дур кардани диэлектрик акрабаки электрометр боз ба мавқеи пештарааш бармегардад. Натиҷаи таҷриба аз мусбат ё манфӣ будани заряди электрометр вобастагӣ надорад. Агар ба ҷои сакҳои электрометр ягон лавҳаи начандон қалони филизиро гузошта, ба он лавҳаи диэлектрикиро наздик намоем, каноршавии акрабаки зиёдтар мешавад (расми 145).

Ин таҷрибаро чунин шарҳ додан мумкин аст. Дар нӯги ба электрометр наздики диэлектрик зарядҳои аломаташон нисбат ба заряди электрометр муқобил пайдо мешаванд. Дар натиҷа зарядҳои аломаташон муқобили нӯги ба электрометр нигаронидашудаи диэлектрик электронҳои дар миёни электрометр бударо мекашанд ё тела медиҳанд, ки ин боиси кам шудани нишондоди электрометр мегардад. Ҳангоми дур кардани диэлектрик электронҳо ба мавқеи пештараашон бармегарданд.

Ҳамин тавр, дар диэлектрикҳо мисли ноқилҳо индуксияи зарядҳои электрикӣ мушоҳида мегардад. Вале агар дар назди ҷисми заряднок диэлектрикро ба ду қисм ҷудо кунем, пас мо мисли ноқилҳо ду порчаи гуногунноми заряднокро ҳосил намекунем. Тафовути индуксия дар диэлектрикҳо аз индуксия дар ноқилҳо маҳз дар ҳамин зоҳир мешавад. Пас электрикноқили диэлектрикҳо дар майдони электрикӣ чӣ тавр шарҳ медиҳанд?

Дар диэлектрикҳои идеалӣ нисбат ба филизот электронҳои озод амалан ҳеле каманд ( $10^{10}$  бор). Зарядҳои гуногунноме, ки дар таркиби молекулаи диэлектрик мебошанд, яқдигарро ҷуброн мекунанд, ё худ молекулаҳо аз рӯи ҳосияти электрикашон нейтралӣ мебошанд.

Молекулаҳои баъзе диэлектрикҳо аз ионҳо таркиб ёфтаанд (масалан, молекулаи об аз иони манфии оксиген ва ду иони мусбати гидроген иборат аст). Марказҳои зарядҳои электрикӣ мусбату манфии чунин молекулаҳо одатан ҷудо қарор мегиранд ва онҳо молекулаи қутбӣ ё ба истилоҳ диполро ташкил медиҳанд (расми 146). Дар атрофи молекула-дипол майдони электрикӣ ҳосил мешавад. Диэлектрикҳое, ки аз молекула-диполҳо таркиб ёфтаанд, **диэлектрикҳои қутбӣ** номида мешаванд. Молекула-диполҳои диэлектрики қутбӣ дар шароитҳои муқаррарӣ бетартиб ҷойгир мешаванд (расми 147) ва майдонҳои онҳо яқдигарро суст мекунанд, яъне берун аз диэлектрик майдон вучуд надорад.



Расми 146

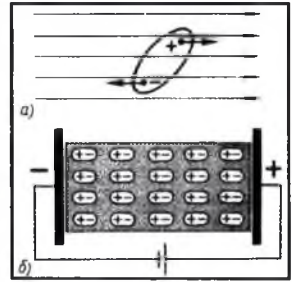
Дар майдони электрикӣ ба ҳар як молекула-дипол ҷуфти қувваҳо таъсир мекунад (расми 148,а), ки дар натиҷа вай тоб хӯрда,



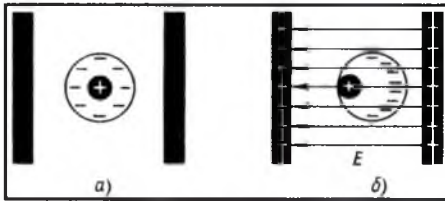
Расми 147

қад-қадӣ ҳатҳои шадидияти майдон ҷойгир мешавад (расми 148.б). Ин ҳодисаро **кӯтбнокшавии диэлектрик** меноманд. Ҳаракати бетартиби ҳарорати молекулаҳо ҷойгиршавии батартиби диполҳоро вайрон менамояд ва бо зиёдшавии шадидияти майдон ва пастшавии ҳарорат шумораи нисбии молекула-диполҳо, ки қад-қадӣ майдон ҷойгир мешаванд, меафзояд. Дар натиҷа дар як рӯяи диэлектрик зарядҳои манфӣ, дар рӯяи дигараш зарядҳои мусбат ҳам мешаванд.

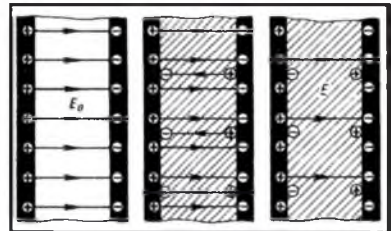
Молекулаҳои навъи дигари диэлектрикҳо ион надоранд (масалан, молекулаҳои гидроген). Агар майдони беруна набошад, марказҳои зарядҳои манфӣю мусбати молекула ҳамҷояанд. Ин гуна молекулаҳо гайриқутбӣ меноманд. Ҳангоми ба майдони электрикӣ дохил кардани чунин диэлектрикҳо марказҳои ҳамҷояи зарядҳои мусбату манфии молекулаҳо аз якдигар дур мешаванд, бинобар ин молекулаҳо чун диполҳо, муоина намудан мумкин аст, ки қад-қадӣ ҳатҳои шадидияти майдон самт мегиранд (расми 149).



Расми 148



Расми 149



Расми 150

Дар бисёр диэлектрикҳои моеъ ва газмонанд ин ду омил кӯтбнокшавӣ якҷоя ба амал меоянд. Чунинчи дар аксари диэлектрикҳои кӯтбӣ молекула-диполҳо таҳти таъсири майдон на фақат самтнок мешаванд, балки таъйик низ меёбанд.

Ҳамин тавр, диэлектрик дар майдони электрикӣ кӯтбнок мешавад. Майдони электрикии зарядҳои поляризатсияшуда ҳамеша самти муқобили майдони берунаро дорад, бинобар ин майдони дохили диэлектрик суст мешавад, вале мисли ноқили ба майдони берунаи электрикӣ дохилшуда пурра ҷуброн нашуда, фақат майдон дар наздикии диэлектрик қач мешавад.

Бигузор дар байни ду лавҳаи мувозӣ дар вакуум майдони электрикии шадидияташ  $E_0$  пайдо шуда бошад. Фазаи байни лавҳаҳо ро бо диэлектрики якҷинса пур мекунем. Диэлектрик таҳти таъсири майдон кӯтбнок шуда, дар нӯгҳои ба лавҳаҳо ҳамсарҳалаш зарядҳои поляризатсияшуда пайдо мешаванд (расми 150), ки онҳо майдони

электрикии шадидияташ  $E_1$ -ро ба вучуд меоранд. Пас кимати мутлаки шадидияти майдони натиҷавӣ  $E$  дар диэлектрик  $E = E_0 - E_1$  мешавад. Ҳамин тавр, шадидияти майдони натиҷавӣ дар диэлектрик аз шадидияти майдоне, ки онро зарядҳои озод ба вучуд меоранд, кам аст.

Дар ҳамон як майдон диэлектрикҳои гуногун ҳархела қутбнок мешаванд ва оид ба дараҷаи поляризатсияи диэлектрики мазкур ҳамеша аз  $\epsilon$  нисбати

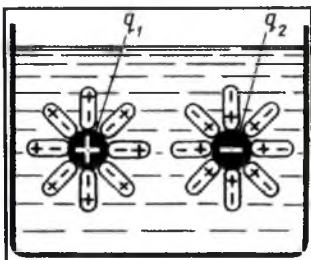
$$\frac{E_0}{E} = \epsilon \quad (3.1.26)$$

баҳо додан мумкин аст.

Онро **нуфузпазирии нисбии диэлектрикӣ** меноманд. Вай аз табиати диэлектрик ва ҳолати он вобаста буда, нишон медиҳад, ки шадидияти майдони натиҷавӣ дар диэлектрики яқинса аз шадидияти майдон дар вакуум чанд маротиба кам аст.

Аз формулаи (3.1.26) дида мешавад, ки  $\epsilon$  бузургии беченак буда, барои диэлектрик ҳамеша аз воҳид зиёд аст.

Акнун фаҳмида метавонем, ки чаро дар диэлектрик қувваи таъсири мутақобили зарядҳои электрикӣ кам мешавад. Зарядҳои нуқтагӣ диэлектрикро поляризатсия мекунанд (расми 151). Дар сатҳи қисми мусбат заряднокшуда зарядҳои манфии диполҳои молекулавии муҳити атроф ва дар сатҳи қисми манфӣ заряднокшуда зарядҳои мусбат ҷойгир мешаванд. Ин сабаби нисбат ба вакуум камшавии шадидияти майдон мешавад. Камшавии шадидият ба камшавии қувваи таъсири мутақобили байни зарядҳо мувофиқ меояд.



Расми 151

**Масъала.** Ҳангози конденсатори ҳамвореро муайян кунед, ки дар байни лавҳаҳои масоҳати ҳар яке  $S = 50 \text{ см}^2$  қоғази парафинноки ғафсиаш  $d = 0,1 \text{ мм}$  гузошта шудааст. Нуфузпазирии диэлектрикии қоғазро  $\epsilon = 4,3$  қабул намоед.

**Ҳал.** Ҳангози конденсатори ҳамвор ба  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$  баробар аст.

Масофаи байни лавҳаҳо ба ғафсии қоғази байни лавҳаҳо баробар аст. Пас  $C \approx 1,9 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$  мешавад.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Электронҳои беолағӣ дар диэлектрик ва дар ноқил аз якдигар чӣ фарқ доранд?
2. Барои чӣ порчаҳои наҷандон дарозии диэлектрик дар майдони электрикӣ қад-қадӣ хатҳои шадидияти он ҷойгир мешаванд?
3. Мазмуни физикии нуфузпазирии диэлектрикии моддаро шарҳ дода метавонед?
4. Суҷтавии таъсири мутақобили қисмҳои заряднок дар диэлектрик нисбат ба ҳамин таъсир дар вакуум чӣ тавр шарҳ дода мешавад?

### ⚠ Машки 31

1. Конденсатори ҳамвор аз ду лавҳаи байнашон ҳаво иборат аст, ки ҳар кадом масоҳати  $S=100 \text{ см}^2$  дорад. Ҳангоми ба яке аз лавҳаҳо додани заряди  $q=5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$  дар байни лавҳаҳо шиддати  $U=120 \text{ В}$  пайдо гашт. Лавҳаҳо аз якдигар дар кадом масофа воқеанд?

2. Конденсатори ҳамвори ҳавоиро баъди заряддиҳӣ аз манбаи шиддат ҷудо карда, ба карасин ғўтонанд. Энергияи майдони электрикии конденсатор чӣ тавр тағйир меёбад?

3. Заррачаи хурди массааш  $2 \cdot 10^{-14} \text{ кг}$  дар байни лавҳаҳои конденсатор қарор дорад. Агар масофаи байни лавҳаҳо  $5 \text{ см}$  бошад, заряди электрикии заррача чӣ қадар аст?

4. Масоҳати сатҳи лавҳаҳои конденсатори ҳамвори ҳавоӣ ба  $20 \text{ см}^2$  баробар буда, масофаи байни лавҳаҳо  $5 \text{ мм}$  аст. Ҷунҷоиши конденсаторро ёбед.

## 3.2. ҚОНУҲОИ ҶАРАЁНИ ДОИМӢ

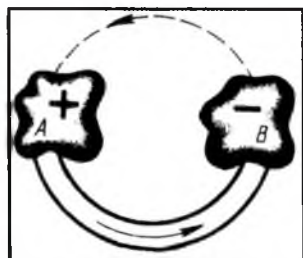
### § 67. Шартҳои зарурии мавҷудияти ҷараёни доимӣ.

#### Манбаи ҷараён

Маълум аст, ки дар ноқилҳо зарядҳои озодаи электрикӣ мавҷуданд ва ҳаракати ботартиби онҳоро дар ноқил **ҷараёни электрикӣ** меноманд. Вале ҳаракати ботартиби зарядҳо танҳо бо таъсири қуваҳои беруна ба амал меояд.

Барои он ки ҷараён дар ноқил бефосила қорӣ шавад, бояд он сарбаста бошад. Дар акси ҳол зарядҳо фақат дар нӯғҳои ноқил ҷамъ шуда, ҷараёнро ба вучуд оварда наметавонанд.

Агар зарядҳо дар ноқил бо дигар ҳиссачаҳо таъсири мутақобил наметавонанд, пас мавҷудии доимӣ ҳаракати худро давом медоданд. Чунин ҷараёнро дар баъзе филизот ҳангоми ҳароратҳои ба сифри мутлақ наздик мушоҳида кардан мумкин аст. Муқовимати чунин филизот ба сифр баробар аст. Ва онҳоро **фавқунноқилҳо** меноманд. Дар ҳароратҳои муқаррарӣ, вақте ки зарядҳо бо атому ионҳо таъсири мутақобил доранд, энергияи кинетикиашон кам мешавад. Барои доимӣ нигоҳ дошгони ҷараён бефосила ба онҳо энергия илова бояд намуд, ки ин иҷрои қорро талаб мекунад.

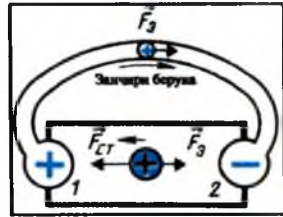


Расми 152

Ду ҷисми ғуноғунзаряди А ва В-ро тасаввур мекунем. Ин ҷисмҳоро тавассути ноқил пайваст мекунем (расми 152). Пас заряди мусбат таҳти таъсири майдони электрикӣ қад-қади ноқил ва заряди манфӣ ба самти муқобил ҳаракат мекунад. Аз ноқил ҷараён мегузарад, вале қучиши зарядҳо то он дам давом мекунад, ки шиддат ба сифр баробар нагардад. Дар ин ҳангом майдони электрикӣ ҳам дар ноқил қатъ мегардад.

Барои доимӣ мондани бузургии ҷараён зарур аст, ки шиддати нӯғҳои ноқил тағйир наёбад, яъне дар ноқил майдони электрикӣ мавҷуд бошад, ки ин вазифаро дастгоҳи махсус – манбаи ҷараён таъмин мекунад.

**Манбаи чараён.** Барои қатъ нагаштани чараён лозим аст, ки зарядҳои мусбати аз ҷисми А ба ҷисми В кучанда, масалан, бо ягон роҳи ВА боз ба ҷисми А (роҳи рах-рах дар расми 152) баргарданд. Яъне зарядҳо дар ин қитъаи роҳ бояд муқобили қувваҳои электростатикӣ ҳаракат кунанд. Барои ин бояд ба зарядҳо аз берун қувваҳои таъсир намоянд, ки онҳоро **қувваҳои беруна** меноманд. Манбаи чараён дастгоҳест,



Расми 153

ки дар он маҳз ҳамин қувваҳои беруна ба амал оварда мешаванд. Пайдоиши ин қувваҳо сабабҳои гуногун дошта метавонанд. Масалан, дар аккумулятор ва батареяҳо ин қувваҳо дар натиҷаи реаксияи химиявӣ ба вуҷуд меоянд. Дар фотоэлемент қувваҳои мазкур дар натиҷаи таъсири рӯшноӣ ба электронҳои филизот ё нимқил пайдо мегарданд. Дар генераторҳои ғарбӣ қувваҳои барқии нуриқитдор қувваҳои беруна ба ҳаракати ноқил дар майдони магнитӣ сабаб мешаванд ва ғ.

## § 68. Қувваи электрҳаракатдиҳанда

Дар дохили манбаъ ҳарчанд қўчиши зарядҳо зиёд бошад, ҳамон қадар қори бештар сарф мешавад. Нисбати қори мазкур бар заряди гузаранда барои манбаи додасуда бузургии доимӣ аст. Барои манбаъҳои дигар ин бузургӣ қимати дигар дорад. Аз ин рӯ вай ҳамчун тавсифдиҳандаи манбаъ хизмат мекунад.

Нисбати қори қувваҳои берунаро, ки барои қад-қади занҷир қўчонидани заряд иҷро мешавад, бар бузургии ин заряд **қувваи электрҳаракатдиҳанда** (ҚЭХ)-и манбаъ меноманд. Онро бо ҳарфи  $\mathcal{E}$  ишорат мекунем ва мувофиқи таърифи боло

$$\mathcal{E} = \frac{A_6}{q} \quad (3.2.1)$$

мешавад, ки ин ҷо  $A_6$ -қори қувваҳои беруна хангоми қўчиши заряди  $q$  мебошад. Аз формула дида мешавад, ки ҚЭХ мисли шиддат бо В (вольтҳо) чен карда мешавад.

Манбаъҳо аз рӯи ҚЭХ-ашон фарқ мекунанд. Масалан, ҚЭХ-и элементҳои гальванӣ ба 1-2В, аккумуляторҳои сурбӣ то 2В, генераторҳои индуксионӣ то 15000В баробар буда метавонанд.

Вақте ки ба қутбҳои манбаи чараён ноқилро пайваस्त мекунанд, дар он майдони электрикӣ пайдо мешавад (расми 153). Бо таъсири қувваҳои электростатикӣ дар ноқил зарядҳо аз қутби мусбат ба қутби манфӣ ҳаракат мекунанд. Дар дохили манбаъ бошад, зарядҳо ба туфайли қувваҳои беруна  $|F_3|$ , аз қутби манфӣ ба қутби мусбати манбаъ ҳаракат хоҳанд кард. Дар натиҷа зарядҳо аз рӯи роҳи сарбаста ҳаракат карда, чараёни бефосиларо ба вуҷуд меоранд.

Қори пурраи қўчиши зарядро ҳисоб мекунем. Вай аз суммаи қори қувваҳои электростатикӣ дар қитъаи беруна  $|A_{1,2}|$  ва қори қитъаи

дохилӣ иборат аст. Кор дар қитъаи дохилӣ аз ҳосили ҷамъи кори қувваҳои электростатикии  $/A_{2,1} /$  ва кори қувваҳои беруна  $/A_6 /$  иборат аст. Яъне  $A_n = A_{1,2} + A_{2,1} + A_6$  мешавад.

Дар ин формула ду ҷамъшавандаи аввал кори қувваҳои электростатикиро ифода мекунанд. Маълум аст, ки онҳо ба сифр баробаранд. Пас  $A_n = A_6$  мешавад. Ҳамин тавр, кор дар тамоми роҳи сарбаста аз ҳисоби қувваҳои беруна иҷро мегардад. Кори қувваҳои беруна бо харчи энергияи зарядҳо ҷуброн мешавад. Акнун корро ҳангоми кӯчиши заряди воҳидии мусбат ҳисоб мекунем. Аз баробарии (3.2.1)

$$\frac{A_n}{q} = \frac{A_d}{q} = \mathcal{E}$$

ё ки

$$\mathcal{E} = \frac{A_n}{q} \quad (3.2.2)$$

ҳосил мекунем.

Яъне, ҚЭҲ-и манбаъ ба коре баробар аст, ки аз тарафи қувваҳои беруна ҳангоми дар занҷири сарбаста барои кӯчондани заряди воҳидии мусбат иҷро мегардад.



### Саволҳои санҷишӣ

1. Барои ҷӣ қувваҳои электростатикӣ сабаби пайдоиши ҷараёни доимии электрикӣ шуда наметавонанд?
2. Шартҳои зарурии ба вучуд омадани ҷараёни доимии электрикиро шарҳ дода метавонед?
3. Вазифаи манбаи ҷараёни электрикӣ аз ҷӣ иборат аст?
4. ҚЭҲ чист?

## § 69\*. Қонуни Ом барои қитъаҳои якҷинса ва ғайриякҷинсаи занҷир

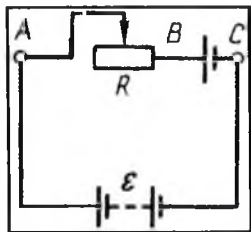
Ҷараёни электрикӣ аз асбобу дастгоҳҳои электрикӣ мегузарад. Пас аз қадом омилҳо вобаста будани ҷараёнро мо бояд донем. Идорашавии занҷирҳои электрикӣ асосан ба ҷенкунии қувваи ҷараён алоқамандӣ дорад.

Аз физикаи синфи 8 медонед, ки қувваи ҷараён дар ноқил аз рӯи қонуни Ом

$$J = \frac{U}{R} \quad (3.2.3)$$

муайян карда мешавад. Ин алоқамандӣ ба қитъаи занҷире тааллуқ дорад, ки дар он ҷараён тавассути майдони электрикӣ ба вучуд оварда мешавад. Ин қабил қитъаҳои занҷирро **якҷинса** мегӯянд.

Тавре дидем, дар занҷири электрикӣ ғайр аз қувваҳои электростатикӣ, боз қувваҳои берунии ғайриэлектростатикӣ низ таъсир мекунанд. Қитъаи занҷире, ки дар он ғайр аз қувваҳои электростатикӣ боз қувваҳои беруна таъсир мекунанд, **қитъаи ғайриякҷинсаи занҷир** номида мешавад.



Расми 154

Занчиреро дида мебароем, ки онро барои зарядноккунии аккумуляторҳо истифода мебаранд (расми 154). Дар ин занчир  $\mathcal{E}$  (ҚЭХ)-и манбаест, ки аз он аккумулятор заряднок мешавад. Занчири беруна аз қитъаҳои АВ ва ВС иборат аст. Қитъаи АВ аз реостате иборат аст, ки тавассути он қувваи ҷараён дар занчир танзим мешавад, қитъаи ВС-ро аккумулятор ташкил медиҳад. Дар қитъаи ВС ҳангоми зарядноккунии аккумулятор ғайр аз қувваҳои электростатикӣ қувваҳои беруна низ таъсир мекунанд, яъне ин қитъа ғайрирякҷинса аст.

Агар дар қитъаи занчир ғайр аз қувваҳои электростатикӣ боз қувваҳои беруна таъсир кунанд, он гоҳ қори кӯчиши зарядҳо аз суммаи қори қувваҳои электростатикӣ  $A_3$  ва қори қувваҳои беруна  $A_8$  иборат мешавад:

$$A = A_3 + A_8 \quad (3.2.4)$$

Шиддат дар чунин қитъа аз рӯи нисбати қори ҳамаи қувваҳои ҳангоми кӯчиши зарядҳо бар қимати заряди гузаранда  $q$  муайян карда мешавад.

$$U = \frac{A}{q} \quad (3.2.5)$$

Ба мақсади саҳеҳкунии мафҳуми шиддат умумияту фарқияти мафҳуми «шиддат» ва «фарқи потенциалҳо»-ро ошкор менамоем. Ин мафҳумҳо фақат дар ҳолати хусусии дар қитъа мавҷуд будани қувваҳои электростатикӣ мувофиқат мекунанд.

Тарафҳои рости чапи баробарии (3.2.4)-ро ба заряди  $q$  тақсим мекунем:

$$\frac{A}{q} = \frac{A_3}{q} + \frac{A_8}{q} \quad (3.2.6)$$

Дар ин баробарӣ тарафи чап  $\left(\frac{A}{q}\right)$  шиддати  $U$ -ро дар қитъаи ғайрирякҷинсаи занчир ифода мекунад. Чамъшавандаи аввали тарафи рости баробарӣ  $\left(\frac{A_3}{q}\right)$  фарқи потенциалҳо  $(\varphi_1 - \varphi_2)$ , вале узви дуюм  $\frac{A_8}{q}$  ҚЭХ  $\mathcal{E}$ -ро ифода мекунад.

Инро ба ҳисоб гирифта ифодаи (3.2.6)-ро ба таври зерин навиштан мумкин аст:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E} \quad (3.2.7)$$

Аз формулаи охирин дида мешавад, ки шиддат дар қитъаи додашуда ба суммаи фарқи потенциалҳо ва ҚЭХ-и қитъа баробар аст. Агар дар қитъа фақат қувваҳои электростатикӣ амал кунанд, пас

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (3.2.8)$$

мешавад.

Ҳамин тарик, вақте ки дар қитъаи занҷир танҳо қувваҳои электростатикӣ таъсир мекунад, мафҳуми «шиддат» ва «фарқи потенциалҳо» як бузургиро ифода менамоянд.

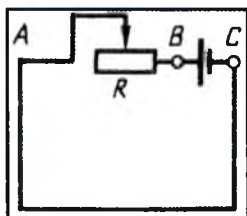
Яъне барои қитъаи гайриякҷинсаи занҷир дар қонуни Ом барои қитъаи занҷир  $\left( J = \frac{U}{R} \right)$  қимати шиддатро аз (3.2.7) гузошта ҳосил мекунем:

$$J = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}}{R} \quad (3.2.9)$$

Формулаи (3.2.9) қонуни Ом барои қитъаи гайриякҷинсаи занҷир аст.

## § 70. Қонуни Ом барои занҷири сарбаста

Мо акнун медонем, ки қувваи ҷараён дар қитъаи гайриякҷинсаи занҷир аз рӯи формулаи (3.2.9) (параграфи гузашта) муайян карда мешавад. Нуқтаҳои А ва С-ро дар расми 155 ба ҳам пайваста, занҷири сарбаста ҳосил мекунем. Аз ин занҷир ҷараёне ҷорӣ мешавад, ки онро манбаи ҚЭХ-аш  $\mathcal{E}$  ба вучуд меорад.



Расми 155

Азбаски нуқтаҳои ибтидоӣ ва интиҳоии занҷир ҳамҷояанд, фарқи потенциалҳои байни онҳо баробари сифр аст. Пас аз рӯи формулаи (3.2.9) қимати қувваи ҷараён дар занҷири сарбаста

$$J = \frac{\mathcal{E}}{R_3} \quad (3.2.10)$$

мешавад, ки ин ҷо  $\mathcal{E}$  -ҚЭХ-и манбаъ,  $R_3$  - муқовимати тамоми занҷир мебошанд. Ин муқовимат аз муқовиматҳои резистори (муқовимати иловагӣ)  $R$ , ки ба қитъаи берунаи занҷир тааллуқ дорад ва муқовимати дохилии худӣ манбаъ  $r$  иборат аст. Пас

$$J = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \quad (3.2.11)$$

мешавад. Формулаи (3.2.11) қонуни Ом барои занҷири сарбастаро ифода мекунад: дар занҷири сарбаста қувваи ҷараён ба ҚЭХ-и манбаъ мутаносиби роста буда, ба муқовимати пурраи занҷир мутаносиби чаппа аст.

**Чен кардани ҚЭХ.** Аз формулаи (3.2.11) ифодаи

$$\mathcal{E} = J(R+r) \quad (3.2.12)$$

ё ки

$$\mathcal{E} = JR + Jr \quad (3.2.13)$$



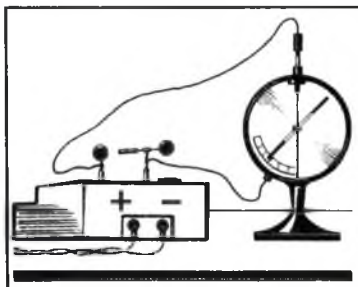
ҳосил мешаванд, ки дар ин ҷо  $JR$ -шиддати қитъаи берунаи занҷир (шиддати сиконақҳои манбаъ)  $Jr$  - шиддати дохилии манбаъ мебошанд. Қонуни Ом нишон медиҳад, ки  $QЭХ$ -и манбаъ ба суммаи шиддатҳои дохилӣ ва беруна баробар аст.

Агар муқовимати берунаи занҷир  $R$  аз муқовимати дохилии манбаъ  $r$  хеле калон бошад ( $R \gg r$ ), муқовимати  $r$ -ро ба эътибор нагирифта, мувофиқи формулаи (3.2.13)

$$\mathcal{E} = JR \quad (3.2.14)$$

-ро ҳосил мекунем.

Ҳамин тариқ, шиддатро дар қутбҳои манбаъ чен карда, қимати тақрибии  $QЭХ$ -и манбаъро муайян мекунем. Ҳарчанд муқовимати занҷири беруна  $R$  аз муқовимати дохилии манбаъ калон бошад, ҳамон қадар қимати саҳеҳи  $QЭХ$  ҳосил мешавад.



Расми 156

Бо тарзи чен кардани шиддати байни қутбҳои манбаъ хангоми сарбаста набудани занҷир шинос мешавем. Ҳарчанд муқовимати вольтметр аз муқовимати дохилии манбаъ зиёд бошад, ҳамон қадар нишондоди он ба қимати аслии  $QЭХ$  наздик мешавад.

Шиддати байни қутбҳои манбаъро бо ёрии электромметр низ чен мекунанд (расми 156). Милла ва танаи он, ки ба қутбҳои манбаъ пайваст карда мешаванд, аз ҳамдигар изолятсия (ҷудо) мебошанд.

**Расиши кӯтоҳ.** Қиматҳои ҳудудии қувваи ҷараёнро хангоми истифодаи манбаи додашуда муоина менамоем, ки  $QЭХ$ -и манбаъ  $\mathcal{E}$  ва муқовимати дохилии он бузургҳои доимианд. Аз ин рӯ қувваи ҷараён дар занҷир фақат аз муқовимати занҷири беруна  $R$  вобаста аст.

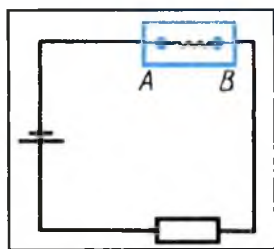
Мо аллақай қайд кардем, ки агар занҷир сарбаста набошад, яъне муқовимати беруна бузург  $R \rightarrow \infty$  бошад, пас қувваи ҷараён ба сифр ва шиддати байни қутбҳои манбаъ ба  $QЭХ$  баробар аст.

Акнун мавриди ҳудудии дигареро муоина мекунем, ки хангоми он муқовимати занҷири беруна ба сифр майл мекунанд  $R \rightarrow 0$  ё ба қутбҳои манбаъ ноқиле пайваستا шуда бошад, ки муқовимати он назар ба муқовимати дохилии манбаъ ночиз бошад. Чунин мавридро дар техника **расиши кӯтоҳ** меноманд.

Аз қонуни Ом бармеояд, ки агар  $R=0$  бошад, шиддати байни қутбҳои манбаъ то сифр кам мешавад  $U = JR$ . Вале қувваи ҷараёни расиши кӯтоҳ ба қимати максималии худ мерасад:

$$J_{pk} = \frac{\mathcal{E}}{r} \quad (3.2.15)$$

Аз ин ҷо дида мешавад, ки қувваи ҷараёни расиши кӯтоҳ на фақат аз  $QЭХ$ -и манбаъ, балки аз муқовимати дохилии он низ вобастагӣ дорад. Дар манбае, ки муқовимати дохилии нисбатан зиёд дорад (масалан, элементҳои гальванӣ), қувваи ҷараёни расиши кӯтоҳ на чандон бузург аст, аз ин рӯ ҷараён дар онҳо хавфнок нест (барои манбаъ).



Рас.ми 157

Дар аккумуляторҳои сурбӣ бошад, кор дигар аст; муқовимати дохилии онҳо кам ( $0.1 - 0.01$  Ом) аст. Аз ин сабаб қувваи ҷараёни расиши кӯтоҳ бузург буда, метавонад лавҳаҳои аккумуляторро вайрон кунад. Расиши кӯтоҳ хусусан дар занҷирҳои равшанидихӣ, хавфovar аст. Ҳангоми ҚЭҲ-и баланд (бештар аз 100В) муқовимати ҷунин манбаъҳо хеле хурд аст. Аз ин рӯ қувваи ҷараёни расиши кӯтоҳ ба ҳазорҳо ампер расида, боиси гармшавии симҳо ва сукхтори биноҳо мегардад. Барои пешгирӣ қардани ин гуна ҳодисаҳо дар занҷирҳо муҳофизаҳо мегузоранд. Муҳофизак аз сими борики АВ (расми 157) иборат аст, ки ҳангоми қувваи ҷараёни на чандон баланд ғудохта шуда, занҷирро ҷудо мекунад.



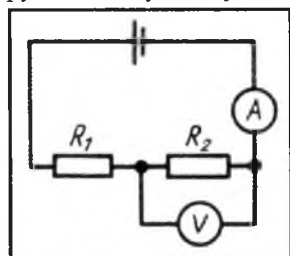
### Саволҳои санҷишӣ

1. Қадом қитъаи занҷирро яқинса меноманд?
2. Қонуни Ом барои қитъаи занҷир чӣ тавр таъриф дода мешавад?
3. Шиддат чист? Шиддати қитъаи яқинса аз шиддати қитъаи ғайрияқинсаи занҷир чӣ фарқ дорад?
4. Қонуни Ом барои занҷири сарбаста чӣ тавр таъриф дода мешавад?



### Машқи 32

1. ҚЭҲ-и манбаи ҷараён 4 В буда, ба қутбҳои он лампаи муқовиматаш 6 Ом пайваст карда шудааст. Дар натиҷа қувваи ҷараёни занҷир 0.4 А шуд. Аз рӯи ин маълумот муқовимати дохилии манбаъро муайян кунед.



Расми 158

2. Манбае, ки 20 В ҚЭҲ ва 0.8 Ом муқовимат дорад, 5А қувваи ҷараён медиҳад. Шиддати байни нӯғҳои занҷири беруна дар ин вақт чанд аст?

3. Нишондоди вольтметр ва амперметрро (расми 158) дар занҷир муайян кунед. ҚЭҲ-и манбаъ 6В, муқовимати дохилии он 0,2 Ом, муқовимати резисторҳои  $R_1$  ва  $R_2$  мувофиқан 1,8 ва 10 Ом мебошанд.

4. ҚЭҲ-и батарея 6 В, муқовимати дохилиаш 1,5 Ом аст. Ба ин батарея лампаи электрикии муқовиматаш 7,5 Ом-ро пайваст кардаанд. Шиддатро дар лампа ёбед.

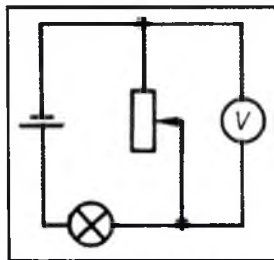
5. Ба қутбҳои манбаи ҷараён, ки 8 В ҚЭҲ дорад, ноқили муқовиматаш 30 Ом-ро пайваст

карданд. Дар ин вақт шиддати байни нӯғҳои ноқил ба 6 В баробар гашт. Муқовимати дохилии манбаъ чӣ қадар аст?

6. Қувваи ҷараёни 20 мА барои ҳаёти инсон хавфнок аст. Муқовимати электрикии бадани одам қариб 2100 Ом бошад, пас барои ҳаёти инсон чӣ гуна шиддат хавфнок аст?

7. Дар занҷири дар расми 159 нишондодашуда лағжонаки реостатро тавре кӯчониданд, ки равшани лампа зиёд шуд. Дар ин маврид нишондоди вольтметр чӣ гуна тағйир меёбад?

8. ҚЭҲ-и батареяи аккумуляторҳо ба 12 В ва муқовимати дохилиаш ба 0,04 Ом баробар аст. Қувваи ҷараёни расиши кӯтоҳи батарея чӣ қадар шуда метавонад?



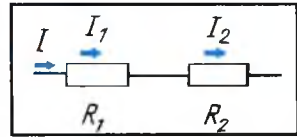
Расми 159

## § 71. Занҷири электрикӣ. Пайвасти пайдарпай ва мувозии ноқилҳо

Манбаи ҷараёнро яқоя бо занҷири беруна **занҷири сарбастан электрикӣ** мегӯянд. Ба занҷири беруна истеъмолкунандаҳои ҷараён (лампаҳои электрикӣ, асбобҳои гармидиҳанда, муҳаррикҳои барқӣ ва ғ.), симҳои васлқунӣ ва калидҳо дохил мешаванд. Асбобҳои танзиму назораткунандаи ҷараёну шиддат низ ба занҷири беруна тааллуқ доранд.

Муқовимати занҷири беруна муқовимати умумии тамоми элементҳои занҷири беруна аст. Ба тарзҳои муайян кардани муқовимати занҷири беруна ҳангоми маълум будани муқовимати китъаҳои алоҳидаи он шинос мешавем.

**Пайвасти пайдарпайи ноқилҳо.** Ҳангоми пайдарпай пайваст намудани ноқилҳо (расми 160) қувваи ҷараён дар тамоми ноқилҳо яқхела аст. Зеро дар акси ҳол дар нуқтаҳои гуногуни занҷир ҷамъшавии зарядҳо ба амал меояд, яъне



*Расми 160*

$$J = J_1 = J_2 \quad (3.2.16)$$

аст.

Таҷриба нишон медиҳад, ки дар ин маврид шиддати занҷири беруна ба суммаи шиддатҳои китъаҳои алоҳидаи он баробар аст:

$$U = U_1 + U_2 \quad (3.2.17)$$

Қонуни Омро барои китъаи занҷир нисбат ба ҳар китъаи пайдарпай пайвастшудаи занҷир алоҳида татбиқ намуда, ҳосил мекунем:

$$U = JR, \quad U_1 = JR_1, \quad U_2 = JR_2$$

Ифодаи (3.2.17)-ро истифода бурда:

$$JR = JR_1 + JR_2 = J(R_1 + R_2)$$

мебинем, ки

$$R = R_1 + R_2 \quad (3.2.18)$$

ҳосил мешавад. **Яъне, ҳангоми пайдарпай пайвастқунӣ муқовимати пурра ба суммаи муқовиматҳои резисторҳои алоҳида баробар аст.**

Аз рӯи нисбати шиддатҳои

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{JR_1}{JR_2}$$

ё ки

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

дида мешавад, ки шиддат дар резисторҳои пайдарпай пайвастшуда ба муқовимати онҳо мутаносибан тақсим мешавад.

Ҳамин тавр, вобастагҳои (3.2.16)-(3.2.18) барои шумораи зиёди

ноқилҳои пайдарпай пайвастшуда дуруст мебошанд:

$$J = J_1 = J_2 = \dots = J_n$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3} = \dots = \frac{U_n}{R_n}$$
(3.2.19)

**Пайвасти мувозии ноқилҳо.** Ҳангоми пайвасти мувозии резисторҳо (расми 161) шиддати ҳамаи ноқилҳо якхела аст, зеро онҳо ба ҳамон нуқтаҳои якхелаи занҷир (А ва В) пайваст шудаанд.

$$U = U_1 = U_2$$
(3.2.20)

Фаҳмост, ки дар ин маврид

$$J = J_1 + J_2$$
(3.2.21)

аст.

Муқовимати пурраи ин қитъаи занҷир (байни нуқтаҳои А ва В)-ро R ва муқовимати ҳар як ноқилро бо  $R_1$  ва  $R_2$  ишорат мекунем.

Қонуни Омро барои ҳар як қитъаи занҷир татбиқ менамоем:

$$J = \frac{U}{R}, \quad J_1 = \frac{U_1}{R_1}, \quad J_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

Мувофиқи вобастагии (3.2.21)

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

ва  $\frac{J_1}{J_2} = \frac{R_2}{R_1}$  ё ки  $J_1 R_1 = J_2 R_2$

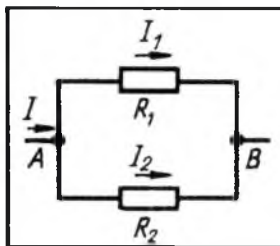
мешаванд, ки аз онҳо хулосаҳои зерин мебароянд:

1). Бузургии чаппаи муқовимати ноқилҳо ба суммаи бузургҳои чаппаи муқовиматҳои резисторҳои мувозӣ пайвастшуда баробар аст.

2). Қувваи ҷараён дар ноқилҳои мувозӣ пайвастшуда ба муқовиматҳои онҳо мутаносиби чаппа аст.

Гуфтаҳои боло на фақат барои ҷуфти ноқилҳо, балки барои микдори зиёди онҳо низ дурустанд:

$$J = J_1 + J_2 + J_3 + \dots + J_n$$



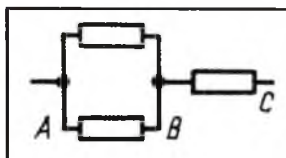
Расми 161

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$$

$$J = \frac{U}{R}, \quad J_1 = \frac{U_1}{R_1}, \quad J_2 = \frac{U_2}{R_2}, \quad J_3 = \frac{U_3}{R_3}, \dots, \quad J_n = \frac{U_n}{R_n}$$

$$\boxed{\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad (3.2.22)$$

Ҳангоми пайвасти омехтаи резисторҳо (масалан, расми 162) ба қитъаи АВ формулаҳои мувозӣ пайвасткунӣ татбиқ мешаванд ва занҷири берунаи ҳосилшударо чун қитъаи пайдарпайи АВ ва ВС ҳисоб кардан лозим аст.



Расми 162

## § 72. Кор ва тавоноии ҷараён

Ҳангоми ҳаракати бенизومي зарраҳои заряднок майдони электрикӣ дар ноқил кор иҷро мекунад, ки онро одатан **кори ҷараён** меноманд.

**Кори ҷараён.** Маълум аст, ки кори майдон ҳангоми кӯчиши заряди  $q$  иҷрошаванда ба  $A = qU$  баробар аст. Азбаски  $q = Jt$  аст, пас

$$\boxed{A = UJt} \quad (3.2.23)$$

мешавад. Бо назардошти қонуни Ом ( $U = J \cdot R$ ) барои кори ҷараён формулаи

$$A = J^2 R t$$

-ро ҳосил мекунем, ки дар ин ҷо  $R$  - муқовимати ноқил аст.

**Қонуни Ҷоул-Ленс.** Ҷараёни электрикӣ боиси дар ноқил ҷудошавии микдори гармӣ мегардад.

Гармшавии ноқилҳо аз он сабаб ба амал меояд, ки электронҳои бо таъсири майдон батартиб ҳаракаткунанда ба ионҳои панҷараи кристаллӣ бархӯрда, энергияи худро гум мекунанд. Дар натиҷа энергияи ҳаракати бенизومي онҳо меафзояд, ки сабаби афзоиши энергияи дохилии ноқил мегардад. Ҳамин тариқ гармшавии ноқил аз ҳисоби кори майдони электрикӣ ба вуҷуд меояд.

Агар ҷараён танҳо барои ҷудошавии гармӣ сарф шавад, дар асоси қонуни бақои энергия микдори гармии дар ноқил ҷудошударо ба кори ҷараён

$$\boxed{Q = A = J^2 R t} \quad (3.2.24)$$

баробар гирифта мумкин аст.

Формулаи (3.2.24)-ро беҳабар аз якдигар дар асоси таҷрибаҳо олими англис Ҷ. Ҷоул ва олими рус Э.Х.Ленс ҳосил намудаанд. Хулосаҳои онҳо ҳамчун қонуни Ҷоул-Ленс маълум аст, ки таърифи он чунин аст:

**Микдори гармие, ки дар ноқили чараёндоҷ чудо мешавад, ба ҳосили зарби квадрати қувваи чараён, муқовимати ноқил ва вақти чоришавии чараён баробар аст.**

**Тавоноии чараён.** Ҳар як асбоби электрикӣ (чароғ, муҳаррики барқӣ) барои истеъмоли микдори муайяни энергия дар ягон лаҳзаи вақт пешбинӣ шудааст. Аз ин рӯ дар катори қори чараён мафҳуми «тавоноии чараён» низ истифода мешавад.

Мувофиқи таърифи тавоноӣ қори дар воҳиди вақт иҷрошуда аст. Азбаски  $A = JUt$  аст, бинобар ин

$$P = \frac{A}{t} = \frac{JU}{t} = JU \quad (3.2.25)$$

мешавад.

Дар формулаи (3.2.25) шиддати қувваи чараёнро мувофиқи қонуни Ом ифода намуда, формулаи тавоноиро дар шакли

$$P = J^2 R \quad (3.2.26)$$

ё

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (3.2.27)$$

ҳосил мекунем.

Ду формулаи охири ҷангоми пайвасти пайдарпай ва мувозии ноқилҳо дар амалия истифода бурда мешаванд.

Ҷангоми чоришавии чараёне, ки аз нерӯгоҳҳои барқӣ ба масофаҳои дур ба истеъмоликунандаҳо мерасад, харчи номатлуби энергия ва гармшавии симҳо ногузир аст. Бо ин мақсад бояд чораҳои махсус дида шаванд.

Аз ҷӣ вобаста будан ва ҷӣ тавр пешгирӣ кардани сарфи беҳудаи энергияро ошкор месозем. Фарз мекунем, ки аз нерӯгоҳи барқ ба истеъмоликунанда тавоноии  $P$  дода мешавад ва  $P_1$  тавоноист, ки дар симҳо харҷ мешавад. Ин тавоноӣ ба

$$P_1 = J^2 R \quad (3.2.28)$$

баробар аст, ки ин ҷо  $R$  - муқовимати симҳо,  $J$  - қувваи чараён аст.

Қувваи чараёнро дар хати электрикӣ аз рӯи тавоноии он муайян кардан мумкин аст:

$$J = \frac{P}{U}$$

ки ин ҷо  $U$  - шиддати қутбҳои манбаъ мебошад.

Қимати қувваи чараёнро ба формулаи (3.2.28) гузошта, бо назардошти  $R = \rho \frac{\ell}{S}$  ҳосил мекунем:

$$P_1 = \frac{P^2}{U^2} \cdot R = \frac{P^2}{U^2} \rho \frac{\ell}{S} \quad (3.2.29)$$

Формулаи (3.2.29) нишон медиҳад, ки тавоноии дар симҳо талафшаванда аз шиддат ( $U$ ) ва масоҳати буриши симҳо ( $S$ ) вобаста аст (дарозии симҳо  $l$  ва тавоноӣ  $P$  барои ҳар як хати электрикӣ бузургҳои муайянд: ба сифати ноқилҳо мис ё алюминий, ки муқовимати хоси ( $\rho$ ) камтар доранд, истифода мешаванд).

Имкониятҳои кам кардани талафи тавоноӣ аз ҳисоби зиёд кардани ғафсии сим маҳдуд аст. Аз ин сабаб талафотро аз ҳисоби баландкунии шиддат кам мекунанд. Дар ҳаҷми пуриктидори электрикӣ то 13% талафотро ҷоиш мешуморанд.

**Масъала.** Ба манбаи ҷараёне, ки ҚЭХ-аш 4 В ва муқовимати дохилиаш 1 Ом аст, реостати муқовиматаш 9 Ом пайваст карда шудааст. Қувваи ҷараёни занҷир, шиддати нӯғҳои занҷири беруна ва дохилии манбаъ дар ҳолатҳои зерин ёфта шаванд: а) ба занҷир тамоми муқовимати реостат; б) танҳо сеяки муқовимати реостат дохил шудааст.

**Ҳал.** а) Қувваи ҷараёнро аз рӯи қонуни Ом барои занҷири сарбаста меёбем:

$$J = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{4B}{9O_M + 1O_M} = 0,4A$$

Шиддати китъаи берунаро аз рӯи қонуни Ом барои китъаи занҷир муайян кардан мумкин аст

$$U = J \cdot R = 0,4A \cdot 9O_M = 3,6B$$

Шиддати дохилии манбаъ

$$U_d = J \cdot r = 0,4A \cdot 1O_M = 0,4B$$

мешавад.

$$б) J = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{4B}{3O_M + 1O_M} = 1A$$

$$U_1 = J_1 \cdot R_1 = 1A \cdot 3O_M = 3B$$

$$U_d = J_1 \cdot r = 1A \cdot 1O_M = 1B$$

### Машки 33

1. Дар элементи гальвани ҚЭХ-аш 1,8 В ва муқовимати дохилиаш 0,6 Ом қимати бештарини қувваи ҷараёни имконпазирро муайян кунед.

2. Агар кутбҳои батареяро бо ноқили муқовиматаш 17,5 Ом сарбаста кунем, қувваи ҷараёни занҷир 0,2 А мешавад. Агар онро бо ноқили муқовиматаш 2,3 Ом сарбаста кунем, пас қувваи ҷараён 1 А мешавад. ҚЭХ ва муқовимати дохилии ин батарея чӣ қадар аст?

3. Муқовимати дохилии манбаи ҷараёнро ёбед, ки ҚЭХ-аш 2В буда, ҳангоми бо резистори муқовиматаш 20 Ом сарбаста кардани занҷир шиддат дар резистор ба 1,6 В баробар мешавад.

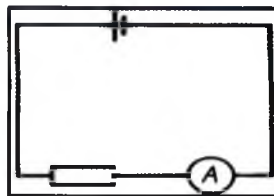
4. Тавре ки маълум аст, дар розеткаи (бумак) шабакаи равшандиҳӣ шиддати доимӣ нигоҳ дошта мешавад. Ба розетка ду резистори якхеларо аввал пайдарпай ва баъд мувозӣ пайваст мекунанд. Дар кадом маврид дар ноқилҳо тавоноии бештар ҷудо мешавад?

### § 73. Чен кардани қувваи чараён ва шиддати занчир

**Чен кардани қувваи чараён.** Хотиррасон мекунем, ки барои ченкунии қувваи чараён амперметрро ба занчир пайдарпай пайваस्त мекунамд.

Ҳар асбобе, ки ба занчир пайваस्त мешавад, чараёни занчирро тағйир медиҳад.

Амперметри ба занчир пайдарпай пайваस्तшуда (расми 163) муқовимати занчирро зиёд мекунад ва муқовимати умумии он



Расми 163

$$R = R_1 + R_a \quad (3.2.30)$$

мешавад, ки ин ҷо  $R_a$  муқовимати амперметр,  $R_1$  - муқовимати резистор мебошанд. Пас, нишондоди амперметр бояд аз қувваи аслии чараён камтар шавад.

Барои ислоҳи ин камбуди муқовимати амперметр бояд нисбат ба муқовимати қитъаи занчир хеле кам  $R_a \ll R_1$  бошад. Ин аст, ки амперметрро даҳяк ва садяки ом муқовимат доранд.

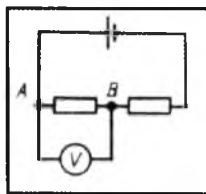
**Чен кардани шиддат.** Амали вольтметр аз амперметр чандон фарқ надорад. Дар ҳар ду асбоб ҳам рамкаи аз печаки симҳо иборатбуда хангоми аз он гузаштани чараён дар майдони магнитӣ давр мезанад. Кунчи гардиши рамка ба қувваи чараёни аз он ҷоришаванда мутаносиб аст. Яъне вольтметр ҳам умуман мисли амперметр қувваи чараёнро чен мекунад. Пас тавассути чунин асбоб чӣ тавр шиддатро чен кардан мумкин аст.

Аз қонуни Ом барои қитъаи занчир медонем, ки шиддат дар вольтметр ба қувваи чараён мутаносиб аст. Бинобар ин, агар ба миқёси (шкала) вольтметр чунон дараҷа бандем, ки бузургии ченшаванда ба ҳосили зарби қувваи чараёну муқовимати вольтметр мутаносиб бошад, пас асбоб афтиши шиддати дар он ба амалояндаро нишон медиҳад:

$$U = JR_a \quad (3.2.31)$$

Барои дар қитъаи лозима муайян кардани шиддат (масалан, қитъаи АВ расми 164) вольтметрро ба ин қитъа бояд тавре пайваस्त кунем, ки шиддати вольтметр ва шиддати ҳамин қитъа яхела бошанд. Барои ин вольтметрро ба он қитъа мувозӣ мепайванданд.

Ҳар як асбоби ченкунандаи электрикӣ барои ҳудуди муайяни қувваи чараён ва шиддат мувофиқ сохта мешавад. Вале дар ҳар маврид ҳудуди ченкунии асбобро зиёд кардан мумкин аст.

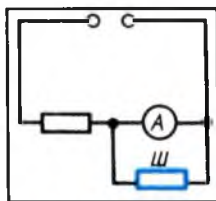


Расми 164

**Шунт ба амперметр.** Ба тарзи зиёд намудани ҳудуди ченкунии амперметр шинос мешавем.

Барои ин ба амперметр ноқили дигареро мувозӣ пайваस्त мекунамд, ки аз он қисме аз чараён ҷорӣ мегардад. Муқовимати ин ноқил, ки **шунт** (парчавак) ном дорад, чунон интиҳоб карда мешавад, ки қувваи чараёни





Расми 165

аз амперметр гузаранда набояд аз қимати худудии асбоб зиёд бошад ва чараёни боқимонда аз шунт гузарад. Дар ин маврид қимати тақсимои шкалаи асбоб дигар мешавад. Инро бо мисол мефаҳмонем. Фарз мекунем, ки бо амперметри муқовиматаш  $R_a$ , ки барои қувваи чараёни зиёдтарини  $J_a$  пешбинӣ шудааст, қувваи чараёни  $n$  маротиба зиёдро чен кардан лозим аст  $J = nJ_a$ . Муқовимати шунт  $R_m$ -ро барои ин маврид (расми 165) ҳисоб мекунем.

Муқовимати шунтро ҳамон вақт муайян кардан мумкин аст, ки агар шиддат ва қувваи чараён дар он маълум бошанд. Формулаи мувози пайваस्तкунии ноқилҳоро истифода бурда, ҳосил мекунем:

$$J = J_a + J_m \quad \text{ё ки} \quad J_m = J - J_a \quad (3.2.32)$$

ва

$$\frac{J_m}{J_a} = \frac{R_a}{R_m} \quad (3.2.33)$$

Муодилаҳои (3.2.32) ва (3.2.33)-ро якҷоя ҳал карда муқовимати шунтро меёбем:

$$R_m = R_a \cdot \frac{J_a}{J - J_a}$$

Азбаски  $J = nJ_a$  аст, пас мешавад.

$$R_m = \frac{R_a}{n - 1} \quad (3.2.34)$$

Маълум мешавад, ки агар бо амперметри барои қувваи чараёни 1А мувофиқ буда, чараёни бузургиаш 10 баробар зиёдро ( $n=10$ ) чен кардан лозим бошад, пас бояд муқовимати шунт аз муқовимати амперметр 9 баробар кам бошад. Дар айни ҳол қимати ҳар як тақсимои 10 маротиба меафзояд.

**Муқовимати иловагӣ ба вольтметр.** Барои зиёд кардани худудии ченкунии вольтметр ба вай пайдарпай муқовимати иловагӣ пайваस्त мекунанд.

Муайян мекунем, ки барои бо вольтметри ба шиддати максималии  $U_a$  пешбинишуда чен кардани шиддати  $U = nU_a$  чӣ гуна резистори муқовиматаш  $R_2$ -ро пайваस्त кардан лозим аст (расми 166).

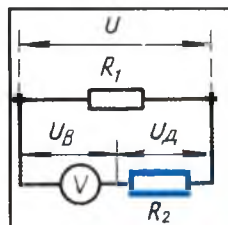
Азбаски резистори  $R_2$  ба вольтметр пайдарпай пайваस्त шудааст, бинобар ин

$$U_a + U_d = U \quad (3.2.35)$$

мешавад. Шиддатҳои вольтметр ва резистори  $R_2$  ба муқовиматҳояшон мутаносибанд:

$$\frac{U_a}{U_d} = \frac{R_a}{R_2}$$

Аз ин чо



Расми 166

$$R_2 = \frac{U_0}{U_g} \cdot R_g \quad (3.2.36)$$

мешавад. Ба ифодаи (3.2.36) қимати  $U_0$ -ро аз формулаи (3.2.35) гузошта ҳосил мекунем:

$$R_2 = \frac{U - U_g}{U_g} \cdot R_g = \left( \frac{U}{U_g} - 1 \right) R_g$$

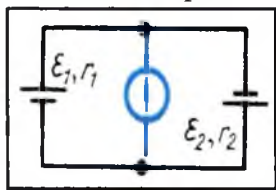
ё ки ба ин ҷо  $U = nU_g$  -ро гузошта,  $R_2 = (n - 1)R_g$  -ро ҳосил мекунем. Одатан, дар асбобҳои техникӣ шунт ба амперметр ва муқовиматҳои иловагӣ ба вольтметр дар дохили қуттии асбобҳо ҷойгир карда мешаванд.

### Саволҳои санҷишӣ

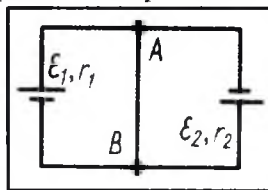
1. Чаро муқовимати амперметр бояд нисбат ба муқовимати резистор кам бошад?
2. Муқовимати вольтметр бояд нисбат ба муқовимати қитъаи ченшавандаи занҷир чӣ гуна бошад?
3. Саҳеҳии ченкунӣ бо амперметр ва вольтметр ҳангоми истифодаи шунт ва муқовиматҳои иловагӣ чӣ гуна тағйир меёбад?

### Машқи 34

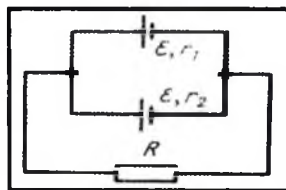
1. Бо амперметре, ки барои чен кардани қувваи ҷараёни то 3 А пешбинӣ шудааст, қувваи ҷараёни то 15 А-ро чен кардан лозим меояд. Ҳангоми 0,2 Ом будани муқовимати амперметр муқовимати шунтро муайян намоед.
2. Вольтметри мактабии барои ченкунии шиддати то 6 В пешбинӣшуда 700 Ом муқовимат дорад. Ба он чӣ гуна резистори иловагиро бояд пайваस्त кард, ки шиддати то 120 В-ро чен карда тавонад. Дар ин маврид қимати тақсироти шкалаи вольтметр чанд маротиба тағйир меёбад?



Расми 167



Расми 168



Расми 169

3. Ду манбаъ, ки ҚЭХ-и  $\mathcal{E}_1$  ва  $\mathcal{E}_2$  доранд нисбат ба расми 167 пайваस्त шудаанд. Ҳангоми чӣ гуна будани нисбати муқовиматҳои манбаъҳо  $r_1$  ва  $r_2$  қувваи ҷараёни аз гальванометр гузаранда ба сифр баробар мешавад?
4. Ду манбаъи ҷараён бо ҚЭХ-и  $\mathcal{E}_1$  ва  $\mathcal{E}_2$ , муқовиматҳои дохилии  $r_1$  ва  $r_2$  (расми 168) дода шудаанд. Қувваи ҷараёни манбаъҳо ва қувваи ҷараёниро дар хати АВ, ки муқовиматаш сифр аст, ёбед.
5. Ду элемент, ки ҚЭХ-и яхелаи ба 2В баробар доранд, мувоҷиҳ пайваस्त шуда, бо резистори R сарбаста шудаанд (расми 169). Муқовиматҳои дохилии манбаъҳо мувофиқан  $r_1 = 1$  Ом ва  $r_2 = 2$  Ом аст. Агар қувваи ҷараён дар элементи якум  $J_1 = 1$ А бошад, муқовимати резистор R чӣ қадар аст? Қувваи ҷараёниро дар элементи дуюм ёбед.

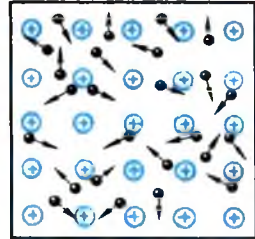
### 3.3. ЧАРАЁНИ ЭЛЕКТРИКӢ ДАР МУҲИТҲОИ ГУНОГУН

#### § 74. Табиати чараёни электрикӣ дар филизот

Дар филизот миқдори зиёди электронҳои озод дар байни ионҳо бетартиб ҳаракат мекунанд. Худи ионҳо бошанд, дар гиреҳҳои панҷараи кристаллӣ меларзанд.

Миқдори электронҳо дар филиз ( $n \sim 10^{22} - 10^{23} \text{ см}^{-3}$ ) ҳеле бузург аст. Ин бузургӣ чун шумораи атомҳои воҳиди ҳаҷми филиз шарҳ дода мешавад.

Электронҳо дар филиз дар ҳаракати бефосила мебошанд. Ҳаракати бетартиби онҳо (расми 170) ҳаракати молекулаҳоро дар гази идеалӣ ба хотир меорад. Аммо суръати ҳаракати бетартибонаи электронҳо дар филиз назар ба суръати молекулаҳо дар газ ҳеле зиёд аст (вай қариб ба  $10^5 \text{ м/с}$  мерасад).



Расми 170

Вақте ки филиз ба майдони электрикӣ дохил карда мешавад, электронҳо муқобили самти вектори шадидияти майдон шитоб мегиранд. Аз ин рӯ электронҳои бетартиб ҳаракаткунанда дар майдони электрикӣ ба самти муайян соҳиб мешаванд.

Кӯчиши ботартиби электронҳо дар филиз маънои чараёни электрикиро дорад.

Ҳаракати электронҳо дар асл ба ҳаракати яхпораҳо, ки ба як самт ба рафти чараёни об пеш мераванд, шабоҳат дорад.

Электронҳо бо ионҳо дар гиреҳҳои панҷараи кристаллӣ таъсири мутақобил намуда, ба онҳо энергия медиҳанд. Афзоиши энергияи ионҳо дар навбати худ сабаби баландшавии ҳарорати ноқил мегардад. Ин аст, ки ҳангоми чоришавии чараён ноқилҳо гарм мешаванд. Баъди бархӯрӣ бо ионҳо электронҳо тавассути қори майдони электрикӣ аз нав ба энергияи кинетикӣ соҳиб шуда, шитоб мегиранд.

**Алоқамандии қувваи чараён бо суръати зарраҳои заряднок.** Дар параграфҳои боло барои шумораи зарраҳо, ки дар ягон воҳиди вақт

аз буриши ноқил мегузаранд, формулаи  $z = \frac{1}{2} nS |\bar{v}_x|$  -ро ҳосил карда будем. Ин формула ба ҳаракати бетартибонаи молекулаҳо дар газ тааллуқ дошт. Азбаски тамоми зарраҳои заряднок дар ноқил ботартиб ҳаракат мекунанд, метавонем аз зарбшавандаи  $\frac{1}{2}$  катъи назар намоем ва ин формуларо барои ҳаракати зарраҳои заряднок истифода барем.

Ҳамин тариқ, аз буриши арзии ноқил дар ягон лаҳзаи вақт  $n\bar{v}S$  зарра мегузарад. Агар заряди ҳар кадоми онҳоро  $q_0$  гӯем, пас дар воҳиди вақт аз буриши ноқил заряди  $q_0 n\bar{v}S$  мегузарад. Вале заряди дар воҳиди вақт аз буриши арзии ноқил гузарандаро қувваи чараён  $J$  мегӯянд. Пас

$$J = q_0 n \bar{g} S \quad \text{ё ки} \quad \boxed{J = enS\bar{g}} \quad (3.3.1)$$

-ро хосил мекунем. Чунки дар филизот  $q_0$  ба заряди электрон баробар аст.

Хотирнишон мекунем, ки дар ин формула  $n$ -адади зарраҳо дар воҳиди ҳаҷм,  $S$  - масоҳати буриши арзии ноқил ва  $\bar{g}$  - суръати миёнаи ҳаракати ботартиби зарраҳо мебошанд. Самти ҷараёнро ҳамчун самти суръати ҳаракати зарраҳои мусбат заряднокшуда қабул мекунанд.

Формулаи (3.3.1)-ро истифода карда, суръати миёнаи ҳаракати ботартибонаи электронҳоро, масалан дар ноқили мисин, ки масоҳати буриши  $1 \text{ мм}^2$  дорад, хангоми  $10 \text{ А}$  будани қувваи ҷараён ҳисоб мекунем.

$$\bar{g} = \frac{J}{neS}$$

Миқдори ҳаҷмии электронҳо (ғаноиш) барои аксарияти филизот тахминан  $10^{28} - 10^{29} \text{ м}^{-3}$  аст. Масалан, барои мис вай ба  $n = 9 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$  баробар аст. Пас, суръати миёнаи онҳо

$$\bar{g} = \frac{10 \text{ А}}{9 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} \approx 7 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

мешавад.

Тавре ки мебинем ин суръат хеле хурд аст. Вай аз суръати миёнаи ҳаракати ҳароратии электронҳо садҳо миллион бор хурд аст. Хангоми бо ин суръат ҳаракат кардани электронҳо барои ба  $5 \text{ м}$  кучиш кардани онҳо вақти

$$t = \frac{5 \text{ м}}{7 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}} \approx 7000 \text{ с}$$

лозим аст.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Дар ноқили филизӣ электронҳо чӣ гуна ҳаракат мекунанд?

а) вақте ки ноқил ба майдони электрикӣ дохил карда нашудааст;

б) вақте ки майдон вучуд дорад.

2. Бо вучуди суръати хеле суз доштани электронҳо ҷаро асбобҳои электрикӣ дар тамоми занҷир фавран ба кор мебароянд?

### Машқи 35

1. Электронҳо дар ноқили мисини масоҳати буриши арзиаш  $4 \text{ мм}^2$  хангоми  $10 \text{ А}$  будани қувваи ҷараён дар  $10 \text{ с}$  ба кадом масофа мекӯчанд? Дар чунин фосилаи вақт ҷараён ба кадом масофа паҳн шуда метавонад? Миқдори ҳаҷмии электронҳои озодро дар мис  $9 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$  қабул намоед.

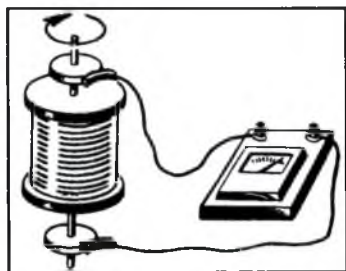
2. Агар хангоми  $1 \text{ А}$  будани қувваи ҷараён дар ноқили масоҳати буришаш  $0,2 \text{ мм}^2$  миқдори электронҳои озод дар воҳиди ҳаҷм  $5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$  бошад, пас суръати миёнаи ҳаракати ботартиби электронҳо чӣ қадар мешавад?

## § 75. Исботи таҷрибавии нокилияти электрони флизот

Исботи бозътимоди фарзия оид ба нокилияти электрони флизот таҷрибаҳои физикҳои рус Л.И. Манделштам ва Н.Д.Папалекси ва физикҳои англис Р.Толмен ва Б.Стюарт мебошанд.

Ин таҷрибаҳо ба тахмине асос ёфта буданд, ки дар флизот ба ҷуз аз электронҳои ғайриозод электронҳои озодде низ мавҷуданд ва онҳо низ дар фазои байни ионҳои панҷараи кристаллӣ ҳаракат мекунанд.

Агар нокили флизии ҳаракатнок аз ҳаракат якбора бозмонад, пас электронҳои озод бояд аз рӯи инерсия ҳаракати худро нисбат ба ноқил давом бидиҳанд, яъне дар ноқил бояд дар ягон фосилаи кӯтоҳи вақт ҷараён пайдо гардад. Ҳаракати кӯтоҳмудати электронҳо дар ин маврид ба пешравии мусофирони дохили автобусе шабоҳат дорад, ки якбора суръаташро сӯст мекунад.



Рисми 171

Таҷрибае, ки дар флиз аз рӯи инерсия ҳаракат кардани электронҳоро нишон медиҳад, чунин буд.

Ба ғалтак сипе печонда шудааст, ки нӯғҳои он ба ду ғирдаи аз ҳам изолятсияшуда пайваست шудаанд (расми 171). Ба сатҳи давраи ғирдаҳо бо ёрии тамосҳои лағзанда галванометрро пайваст мекунанд. Ғалтакро бо суръати баланд ба ғардиш дароварда, онро якбора аз ҳаракат бозмедоранд. Ақрабаки галванометр ҳангоми тормозхӯрии ғалтак ба як тараф

майл карда аз пайдоиши ҷараёни кӯтоҳмудат дарақ медиҳад. Аз рӯи каноршавии ақрабаки галванометр муайян гашт, ки ҷараёнро маҳз зарраҳои манфизаряднокшуда ба вучуд меоранд.

Дар асоси ҷенкунии миқдори ҷараёни аз галванометр гузаронда, маълумот оид ба нокили ба ғалтак печонидашуда ва суръати ҳаракати ғалтак то тормозхӯрӣ имконпазир гардид, ки нисбати ҷараёни зарраҷаҳо бар массаи онҳо ( $q_0/m$ ) муайян карда шавад. Инро шарҳ медиҳем.

Баъди якбора қатъ шудани ҷархзании ғалтак электронҳои озод бо ягон суръати  $g$  ба ионҳои панҷараи кристаллӣ бармехӯранд, ки дар натиҷа энергияи кинетикиашон барои гармшавии ноқил сарф мешавад.

Барои  $N$  зарра энергияи кинетикии пурраи онҳо  $N \frac{mg^2}{2}$  мешавад.

Ин энергияи кинетикӣ ба миқдори гармии аз ноқил ҷудошуда  $Q = J^2 Rt$  баробар аст:

$$N \frac{mg^2}{2} = J^2 Rt \quad (3.3.2)$$

Шумораи барандагони озоди ҷараёнро дар нокили дарозиаш  $l$  ва

масоҳати буришаш  $S$  ба воситаи миқдори ҳаҷмии электронҳо  $n$  ва ҳаҷми ноқил  $V = \ell S$  ифода мекунем  $N = nV = n\ell S$ , ки қувваи ҷараёнро дар ин маврид аз рӯи формулаи:

$$J = q_0 n \bar{g} S \quad (3.3.3)$$

ҳисоб кардан мумкин аст. Азбаски суръати зарраҳо хангоми тормозхӯрии ноқил аз  $g$  то сифр тағйир меёбад, пас  $\bar{g} = \frac{g}{2}$  мешавад.

Бинобар ин барои қувваи ҷараён ифодаи  $J = q_0 \frac{g}{2} n S$ -ро ҳосил мекунем.

Агар ифодаи охиринро ба формулаи (3.3.2) гузорем,

$$n S \ell \frac{m g^2}{2} = q_0 \frac{g}{2} S J R t \cdot n$$

мешавад ва аз ин ҷо бузургии матлуб

$$\frac{q_0 = \frac{g \ell}{m R J t}} \quad (3.3.4)$$

ёфт мешавад. Ҳамаи бузургҳои дар тарафи ростии формулаи (3.3.4) бударо ҷен кардан мумкин аст. Барои он ки аз рӯи майлқунии ақрабаки гальванометр ба заряди аз он гузаранда баҳо дода шавад, пешакӣ ба он дараҷа мебаранд<sup>1</sup>.

Ҳамин тариқ муқаррар карда шуд, ки барандагони ҷараён дар филизот электронҳо мебошанд.

Дар асоси ҷенкуниҳои ҳозиразамон қимати мутлақи нисбати заряди электрон  $|q_0|$  бар массаи он  $m$  ба

$$\frac{e}{m} = 1,8 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$$

баробар аст.

Дар асоси таҷрибаҳои А.Ф.Иоффе ва Р.Милликен барои модули заряди электрон қимати  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$  ҳосил шуда буд. Ин имконият дод, ки массаи электрон низ ҳисоб карда шавад, ки он  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$  аст. Мебинем, ки массаи электрон хеле хурд аст. Вай нисбат ба атоми сабуктарин – атоми гидроген 1836 маротиба хурдтар аст.

## § 76. Хусусиятҳои ҷараён дар филизот

**Тавсифоти вольт-амперии филизот.** Вобастагии байни қувваи ҷараён ва шиддатро барои ноқилҳои филизӣ дар синфи 8 омӯхта будем.

Ин вобастагӣ дар қонуни Ом барои китъаи занҷир  $J = \frac{U}{R}$  ифода меёбад. Аз қонуни Ом бармеояд, ки хангоми доимӣ будани муқовимат қувваи ҷараён ба шиддат мутаносиби роста аст. Барои ноқили

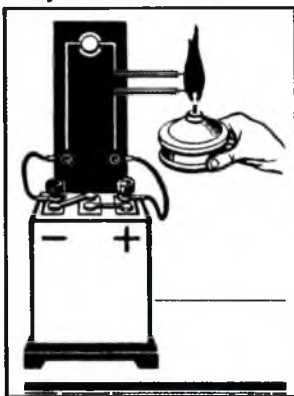
<sup>1</sup> Дараҷагузорӣ ба гальванометр тавассути конденсатори ғунҷоишани муайян, ки заряди манбаъро то шиддати маълум ( $q = CU$ ) ҷамъ мекунад, ба ҷо оварда мешавад.

филизи ин вобастагӣ ҳаттӣ аст (расми 172). Кунҷи моилшавии ин хат ба тири шиддат аз муқовимати ноқил вобастагӣ дорад.



Расми 172

**Вобастагии муқовимати ноқил аз ҳарорат.** Муқовимати ноқилҳои филизи ба таъсири мутақобили электронҳо ва ионҳои панҷараи кристаллӣ вобаста аст. Ҳангоми баланд шудани ҳарорати ноқил амплитудаи ларзиши ионҳо меафзояд ва шумораи бархӯрии электронҳо зиёд мешавад. Аз ин рӯ ба хулоса меоем, ки муқовимати филизҳо аз ҳарорат вобастагӣ дорад. Ба таҷриба мурочиат мекунем.



Расми 173

Ба занҷире, ки батареяи аккумуляторҳо дорад, спирали пӯлодинро пайваст мекунем (расми 173). Пайдарпай ба спирал лампаи электрикиро пайваст мекунем, то ки аз рӯи равшаннокии он ба қувваи ҷараён баҳо диҳем.

Спиралиро бо шамъ гарм мекунем ва мебинем, ки ҷараён дар занҷир кам мешавад. Пас маълум мешавад, ки ҳангоми гармшавии ноқили пӯлодин муқовимати он меафзояд. Спирали пӯлодинро бо дигар ноқилҳои филизӣ иваз намуда, боварӣ ҳосил мекунем, ки ҳангоми баландшавии ҳарорат муқовимати филизот меафзояд.

Ба ҳар як модда аз рӯи бузургии барои он доимие, ки **коэффисненти ҳароратии муқовимат** ( $\alpha$ ) номида мешавад, баҳо додан мумкин аст. Ин доимӣ нишон медиҳад, ки тағйирёбии нисбии муқовимати ҳоси ноқил ҳангоми ба 1 К гарм кардани он чӣ қадар аст:

$$\alpha = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0 \Delta T}$$

ки ин ҷо  $\rho_0$  - муқовимати ҳос ҳангоми температураи  $T_0 = 273^0 K (0^0 C)$  ва  $\rho$  - муқовимати ҳос ҳангоми температураи додашуда (Т) мебошанд. Пас вобастагии муқовимати ҳоси ноқили филизӣ аз температура бо формулаи

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad (3.3.5)$$

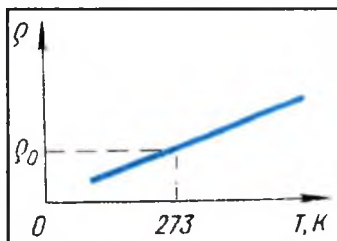
ифода меёбад.

Азбаски  $R = \rho \frac{\ell}{S}$  аст, формулаи

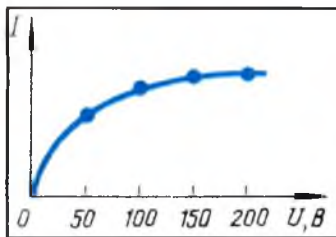
(3.3.5)-ро ин тавр низ менависанд:

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad (3.3.6)$$

Вобастагии муқовимати ҳоси ноқили



Расми 174



Расми 175

филизи аз ҳарорат ба таври графיקӣ дар расми 174 нишон дода шудааст. Аз он дида мешавад, ки график аз рӯи кунҷи хурд ба тири абсисса моил гаштааст. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки баъди баландшавии ҳарорат муқовимати филизот мунтазам меафзояд. Хулаҳои алоҳидае ёфт мешаванд, ки муқовимати онҳо ҳангоми гармшавӣ амалан тағйир намеёбанд. Масалан, хулаҳои константан ва манганин ҳамин хусусиятро доранд.

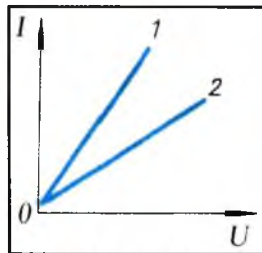
Тағйирёбии муқовимати ноқилҳо ҳангоми тағйирёбии ҳарорат сабаби он мешавад, ки тавсифоти вольт-амперии онҳо аз хати рост фарқ менамояд. Инро хусусан ҳангоми ҳеле зиёд тағйирёбии ҳарорати онҳо, масалан, ҳангоми тафсидани муъяи лампа бараъло мушоҳида кардан мумкин аст. Дар расми 175 тавсифоти вольт-амперии чунин муъяк нишон дода шудааст. Тавре ки аз расм дида мешавад, дар айни ҳол қувваи чараён бо шилдат вобастагии хаттӣ надорад.

Хулосаи охирин қонуни Ом барои қитъаи занҷирро инкор намекунад, чунки қонуни номбурда маҳз барои муқовимати доимии қитъаи занҷир дуруст аст.



### Саволҳои санҷишӣ

1. Кунҷи моилшавии тавсифоти вольт-амперии муқовимати ноқил аз чӣ вобаста аст?
2. Бо кадом далел гуфта мешавад, ки барандагони заряд дар филизот маҳз электронҳо мебошанд?
3. Сабаби аз ҳарорат вобаста будани муқовимати ноқилро шарҳ диҳед?
4. Дар расми 176 тавсифоти вольт-амперии ду ноқил (1 ва 2) нишон дода шудаанд. Муқовимати кадоме аз онҳо зиёд аст?



Расми 176



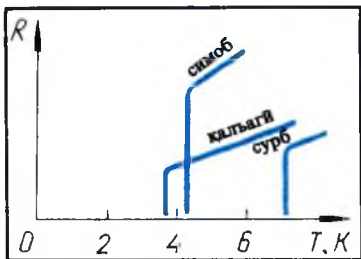
### Машқи 36

1. Муқовимати печакҳои дастгоҳи кафшеркунӣ, ки аз сими нихромӣ ( $\alpha = 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ ) сохта шудааст, ҳангоми температураи  $20^\circ \text{C}$  ба  $160 \text{ Ом}$  баробар аст. Муқовимати печакҳоро ҳангоми  $70^\circ \text{C}$  будани температура муайян кунед.
2. Барои хати интиқоли барқи дарозиаш  $200 \text{ км}$ , сими алюминии бурриши арзиаш  $150 \text{ мм}^2$  истифода мешавад. Ҳангоми аз  $+35^\circ \text{C}$  (тобистон) то  $-35^\circ \text{C}$  (зимистон) тағйирёбии температура муқовимат чӣ қадар тағйир меёбад?
3. Аз рӯи тағйирёбии зирини қиматҳои температура ва муқовимат  $t_1 = 20^\circ \text{C}$ ,  $R_1 = 20 \text{ Ом}$ ,  $t_2 = 500^\circ \text{C}$ ,  $R_2 = 59 \text{ Ом}$  коэффисиенти ҳароратии муқовимати ёқутро муайян кунед.

## § 77. Фавқунноқилият

То охири асри XIX вобастагии муқовимати ноқилҳо аз ҳарорат (дар ҳароратҳои ҳеле паст) маълум набуд. Фақат аввали асри XX ба олими голландӣ Камерлинг-Оннес (1853-1926) муяссар гашт, ки инро дар ҳолати моеъгии гази душвормoeъшаванда-гелий санҷад. Температураи чӯшиши гелийи моеъ ба  $4.2 \text{ K}$  баробар аст.





Расми 177

Соли 1911 тадқиқоти Камерлинг-Оннес бо кашфиёти хеле бузурге анҷом ёфт. Ҷ муқовимати симобро ҳангоми ботадрич хунуққунии он тадқиқ карда, ошқор намуд, ки дар ҳарорати 4,12 К муқовимати симоб якбора то сифр кам мешавад (расми 177). Вай инчунин ба қайд гирифт, ки ҳамин ҳодиса бо сурб дар ҳарорати 7,12 К ва бо кальбағи ҳангоми 3,7 К рӯй медиҳад. Минбаъд маълум гашт, ки (бештар аз 25 элементи химиявӣ)-филизог

ҳангоми ҳароратҳои паст ба ноқилҳое табдил мешаванд, ки муқовимати электрикӣ надоранд. Ҳар кадоми онҳо барои бе муқовимат шудан ҳарорати хоси  $T_f$  (ҳарорати фавқунноқилӣ) атфӣ (критикӣ) доранд. Қимати пасттарини  $T_f$  дар волфрам – 0,012К ва қимати баландтарин дар ниобий – 9К мушоҳида карда шудааст. Ачибаш ин аст, ки ноқилҳои бештарин нуқра ва мис муқовимати худро дар ҳеҷ гуна ҳарорати дигар гум намекунанд.

**Ҳодисаи дар ҳарорати муайян гум гаштани муқовимати ноқилҳоро ҳодисаи фавқунноқилият меноманд. Ноқилҳоеро, ки чунин хусусият доранд фавқунноқилҳо меноманд.**

Агар дар занҷири фавқунноқил, масалан, дар ҳалқаи аз фавқунноқил тайёршудаи то ҳарорати  $T_f$  хунуқкардашуда бо ягон роҳ ҷараёни электрикӣ пайдо шавад, пас он бе ягон манбаъ метавонад муддатҳои дароз давом ёбад. Электронҳои дар фавқунноқил ҳаракаткунанда ба ионҳо бар намехӯранд ва энергияи худро барои гармшавии ноқил сарф намекунанд. Дар таҷрибаи махсус гузарондашуда ҷараён бештар аз ду сол хомӯш нашуда давом кард. Аммо ҳамин ки ҳарорат аз  $T_f$  баланд шуд, ҷараён ҳамона қатъ мегардид.

Дар техникаи ҳозиразамон аз фавқунноқилҳо сохтани хатҳои нақли энергияи электрикӣ проблемаи хеле зарурӣ ҳисоб меёбад. Ҳалли ин проблема боиси харҷи ками энергия хоҳад шуд. Шумораи нерӯгоҳҳои барқӣ, ки муҳити атрофро захролуд мекунанд, кам мегардид. Ҳуди энергия низ арзон мегашт. Татбиқи васеи фавқунноқилҳо имконият меод, ки дар мошинҳои электрикӣ (генератору муҳаррикҳо) аз дилакҳои оҳанини калонҳаҷм даст кашем. Дар соленоидҳои фавқунноқилӣ бо ҷараёнҳои электрикӣ майдонҳои нисбатан пурқувватро бе харҷи гармӣ ҳосил кардан мумкин мебуд. Дар натиҷа мошину асбобҳо сабуку камхарҷ мешуданд.

Хатҳои электрикию мошинҳои электрикии фавқунноқилӣ ҳанӯз қариб вучуд надоранд, зеро чунин ноқилҳоро бо ҳароратҳои хеле паст хунуқ кардан зарур аст. Илова бар ин моддаҳоро ба монанди NbSn ва ғайра бо масолеҳи ҳамхӯрандаи ба соленоидҳо печонидашаванда табдил додан душвор аст. Умуман, таҳқиқи лаборатории фавқунноқилҳо идома дорад.

Фавқунноқилиятро дар дастгоҳҳои андозаашон хурд истифода мебаранд. Аз онҳо элементҳои МЭХ, калиди занҷирҳо, асбобҳои ченкунандаи ҳассос тайёр карда мешаванд.

Умед аст, ки дар оянда доираи татбики техникии фавқуннокилҳо васеъ мешавад. Аз соли 1987 сар карда, дар адабиёти даврӣ оид ба маводи наве, ки ҳароратҳои ба фавқуннокил табдилёбишон ба 70-120K наздик аст, маълумот нашр мешавад. То чунин ҳароратҳо хунуккунӣ тавассути моеъи арзон ва безарари нитроген, ки ҳарорати ҷӯшишаш 77 K аст, ба даст оварда мешавад. Тааҷҷубовар аст, ки фавқуннокилҳои нав (мисли  $\text{Bi-Ca-Sr-CuO}_4$ ,  $\text{Bi-Ba-K-CuO}_4$  ва ғайра) системаҳои кристаллии мураккабанд. Ҳоло ин моддаҳо татбики васеъ наёфтаанд, зеро муртанд ва аз онҳо симҳои хамхуранда тайёр кардан мумкин нест. Дар оянда ба вучуд овардани чунин моддаҳои нав аз эҳтимол дур нест.

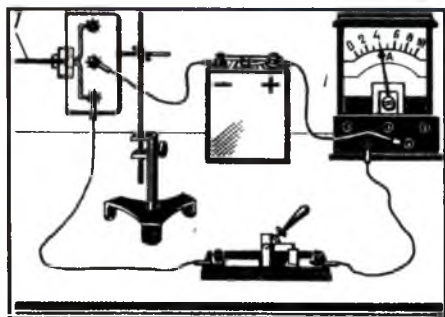
## § 78. Хосиятҳои электрикии нимнокилҳо

Муддатҳои дароз моддаҳоро аз рӯи гузаронидани ҷараёни электрикӣ ба ду гуруҳ-нокилҳо ва диэлектрикҳо (изоляцияторҳо) ҷудо мекунанд. Таҷрибавӣ исбот шудааст, ки дар байни ин ду гуруҳ ҳудуди муайян гузоштан мумкин нест. Моддаҳои бисёре мавҷуданд, ки онҳоро аз рӯи хосиятҳои электрикиашон на ба нокилҳо дохил кардан мумкин аст, на ба диэлектрикҳо. Онҳо то андозае ҳам ба ин ҳам ба он гуруҳ монандӣ доранд. Муқовимати хоси ин моддаҳо нисбат ба нокилу изоляторҳо мавқеи мобайнӣ доранд. Чунин моддаҳо **нимнокилҳо** ном гирифтаанд.

Агар муқовимати хоси нокилҳои муқаррарӣ қимати  $\approx 10^{-8} - 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , муқовимати хоси диэлектрикҳо қимати  $\approx 10^{10} - 10^{16} \text{ Ом} \cdot \text{м}$  бошанд, пас муқовимати хоси нимнокилҳо дар ҳудуди аз  $10^{-3}$  то  $10^7 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  ҷойгир аст.

Гуруҳи зиёди моддаҳо ба нимнокилҳо тааллуқ доранд: массаи умумии онҳо қариб 45 – ҳиссаи массаи қишри Замиро ташкил медиҳад. Як гуруҳ элементҳои (германий, кремний, бор ва ғ.), аксарияти минералҳо, оксидҳо, сулфидҳо, теллуридҳо ва дигар пайвастагҳои химиявӣ нимнокиланд.

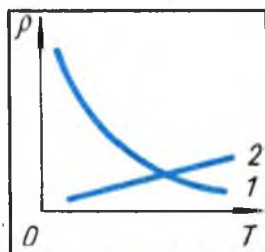
**Вобастагии муқовимати нимнокилҳо аз шароитҳои беруна.** Хосияти фарқкунандаи нимнокилҳо он аст, ки муқовимати хоси онҳо таҳти таъсири беруна якбора тағйир меёбад. Масалан, нимнокили аз германий сохташудаи 1-ро ба занҷири аз аккумулятор ва гальванометр иборат буда (расми 178) пайваста мекунем. Мебинем, ки ақрабаки гальванометр ҳаракат мекунад, яъне қувваи ҷараёни занҷир кам аст. Ин маънои онро дорад, ки нимнокил дар шароити муқаррарӣ муқовимати зиёд дорад.



Расми 178

Аввал ноқилро ба дастамон гарм карда, мебинем, ки акрабак ба кунчи калон майл мекунад, сипас ноқилро бо манқали (плитка) электрикӣ гарм карда, мушоҳида мекунем, ки акрабаки гальванометр қариб ба тамоми шкала майл мекунад. Ин аз он гувоҳӣ медиҳад, ки хангоми гармшавӣ муқовимати хоси нимноқил кам мешавад. Агар нимноқилро ба оби хунук гузорем муқовимати он аз нав меафзояд. Дар ҳароратҳои ба сифри мутлақ наздик аксарияти нимноқилҳо ба диэлектрик табдил меёбанд.

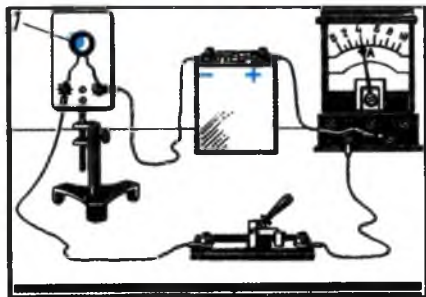
Дар расми 179 графикаи вобастагии муқовимати хоси нимноқил аз ҳарорат нишон дода шудааст (хати қачи 1). Барои муқоиса барои ҳамин расм графикаи (2) ин вобастагӣ барои ноқили филизӣ низ нишон дода шудааст. Тавре аз графика дида мешавад, коэффициентҳои ҳароратии муқовимати нимноқилҳо бараксӣ филизот манфӣ аст, вале аз рӯи қимати мутлақаш назар ба филизот зиёд аст.



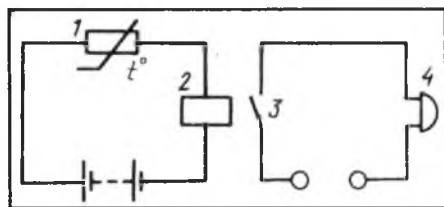
Расми 179

Аз нимноқилҳое, ки муқовимати хосашон вобаста аз ҳарорат якбора тағйир меёбанд, терморезисторҳо ё термисторҳоро тайёр мекунанд. Онҳоро барои чен кардани ҳарорат ва элементҳои ҳассос (дар датчикҳо) хангоми тағйироти ҳарорат дар дастгоҳҳои автоматӣ истифода мебаранд.

Муқовимати нимноқилҳо ба таъсири равшанӣ низ кам мешавад. Ин ҳодиса **фотонוקилият** ном гирифтааст. Аз ин қабил нимноқилҳо фоторезисторҳо тайёр карда мешаванд, ки онҳо барои идоракунии ҷараён дар занҷирҳои тағйирдиҳандаи равшанӣ ба кор бурда мешаванд.



Расми 180



Расми 181

Дар таҷрибаи боло (расми 178) термисторро бо фоторезистори 1 (расми 180), ки пеш аз таҷриба бо экрани ношаффоф пӯшида шудааст, иваз мекунем. Экранро гирифта, аз рӯи майлқунии акрабак мебинем, ки равшаннокӣ боиси камшавии муқовимати фоторезистор мегардад.

Ҳамин тариқ, бо таъсири гармӣ ва равшанӣ муқовимати нимноқилҳо якбора кам мешавад. Ин имконият медиҳад, ки нимноқилҳоро дар бисёр дастгоҳҳои автоматӣ истифода баранд.

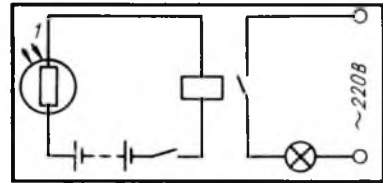
Ба сифати мисол бо кори терморелеи нимноқилии одитарин шинос мешавем, ки схемаи он дар расми 181 нишон дода шудааст. Релеи мазкурро барои фаҳмидани дараҷаи зарурии ҳарорати оташдони (печ) электрикӣ истифода бурдан мумкин аст.

Вақте ҳарорати печ, ки дар он термистори 1 гузошта шудааст, паст бошад, аз занҷир ҷараёни суст мегузарад, ки қудрати ба кор даровардани релеи 2-ро надорад. Вақте ки ҳарорати печ ба кимати лозимааш мерасад, кимати қувваи ҷараён ба дараҷае мерасад, ки релеро ба кор дарорад. Дар ин вақт тавассути тамосҳои 3 занҷир сарбаста мешавад ва сигналатор-занги 4 ба кор мебарояд.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Вобастагии муқовимати хосро аз ҳарорат барои филизот ва нимноқилҳо муқоиса намоед.

2. Дар расми 182 схемаи фоторелеи одитарин нишон дода шудааст. Фоторезистор бо адади 1 ишорат шудааст. Амали фоторелеро шарҳ диҳад.



Расми 182

## § 79. Табиати ҷараёни электрикӣ дар нимноқилҳо

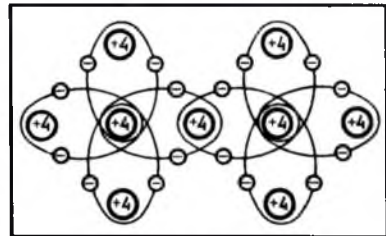
Таҷрибаҳо собит мекунанд, ки ҳангоми аз нимноқилҳо гузаштани ҷараён дар онҳо ягон тағйироти химиявӣ ба амал намеояд. Аз ин ҷо маълум мегардад, ки барандагони ҷараён дар нимноқилҳо мисли филизот ҳамон электронҳо мебошанд.

Бо вучуди ин таҷрибаҳои дигар собит мекунанд, ки дар байни нимноқилҳо ва филизот тафовутҳо мавҷуданд. Пас ин тафовутҳо дар ҷи зоҳир мегарданд?

Дар атомҳои филизот электронҳои ёфт мешаванд, ки бо ядроҳои алоқаи суст доранд. Онҳо электронҳои валентие мебошанд, ки дар мадорҳои электрони берунаи он ҷой гирифтаанд. Электронҳои валентӣ аз атомҳо ба осонӣ ҷудо шуда, газӣ электрониро ташкил медиҳанд. Ин электронҳо мисли молекулаҳои газӣ муқаррарӣ дар тамоми ноқил озодона меҷуғанд. Ноқилияти филизот маҳз аз ҳамин вобастагӣ дорад.

Дар нимноқилҳо миқдори чунин электронҳо нисбат ба филизот миллиардҳо маротиба кам аст. Аз ин рӯ муқовимати хоси нимноқилҳо дар ҳароратҳои пасту муқаррарӣ бо муқовимати хоси диэлектрикҳо наздик аст. Пас барои ҷи муқовимати нимноқил ҳангоми гармшавии он кам мешавад?

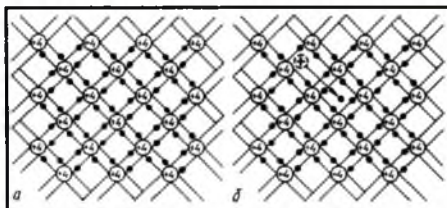
Барои ба ин савол ҷавоб додан соҳти ягон нимноқили муқаррарӣ, масалан, силитсийро муоина менамоем (расми 183). Атоми силитсий чорвалента аст. Дар кристалли силитсий ҳар як атом бо чорто чунин атом ихота гаштааст, ки онҳоро чор электрони валентӣ



Расми 183

алоқаманд месозанд. Атомҳои ҳамсоия силитсий тавассути чуфти электронҳо, ки ҳар кадоми онҳо ба як атом тааллуқ доранд ва ҳангоми ташкилкунии кристалл электрон барои ду атом умумӣ ҳисоб мешавад, байни якдигар таъсири мутақобил мекунанд. Албатта, манзараи ҳаракати электронҳоро дар кристалл тасвир кардан имконнопазир аст. Дар расм ба таври схематикӣ нишон дода шудааст, ки гуё ҳар як электрон ба ҳар ду атом тааллуқ дорад.

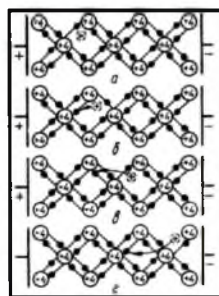
Аз фанни химия маълум аст, ки таъсири мутақобили атомҳо тавассути чуфти электронҳо **алоқои ковалентӣ** номида мешавад. Дар (расми 184, а) панҷараи кристаллии силитсий, ки дар он электронҳои валентӣ дар шакли нуқтаҳо дар порчаҳои атомҳои ҳамсояро пайваस्तкунанда меҳобанд, тасвир ёфтааст.



Расми 184

**Ноқилияти электронӣ.** Тамоми электронҳои валентӣ дар ҳароратҳои ба сифри мутлақ наздик бо атомҳо дар алоқаи мустақкаманд ва аз ин сабаб барандаи ҷараён шуда наметавонанд. Дар ин маврид нимноқил диэлектрик аст. Вале ҳангоми таъсири беруна ба кристалл (равшандихӣ ё гармкунӣ) амплитудайи ларзиши атомҳо меафзояд. Дар натиҷа баъзе электронҳо энергия қабул карда, имконият пайдо мекунанд, ки атомро тарк кунанд. Чунин электронҳо озод гашта, ба барандагони ҷараён табдил меёбанд. Онҳо ба ҳаракат омада, мисли электронҳои озоди филизот ноқилияти электрони нимноқилро бештар мекунанд.

**Ноқилияти сӯроҳӣ (ҷавфӣ).** Дар атомҳо агар электрон бо таъсири беруна ба ҳолати озод гузарад, ҷои он холӣ мешавад (расми 184, б), ки онро «сӯроҳӣ» (ҷавф) меноманд. «Сӯроҳӣ»-ро ҳамчун зарраи зарядаш мусбат муоина кардан мумкин аст. Ин ҷои холиро ягон электрони атомҳои ҳамсоя ишғол намуда, дар атоми дигар ҷои холӣ пайдо мешавад. Ин раванд пайи ҳам такрор мешавад. Аз ин сабаб «сӯроҳӣ» дар кристалл ҳаракат кардан мегирад. Ҳаракати сӯроҳиро дар кристалл аз рӯи расми 185, а, б, в, г тасаввур кардан мумкин аст. Ҳангоми дар нимноқил пайдошавии майдони электрикӣ «сӯроҳӣ»-ҳо ба самти зарядҳои мусбат ва электронҳо ба самти муқобил ҳаракат мекунанд. Дар ин расм ҳаракати электронҳо бо ақрабаҳо нишон дода шудаанд.



Расми 185

Ҳамин тариқ, дар нимноқил ҷараёни электрикӣ тавассути электронҳо ва «сӯроҳӣ»-ҳо ба вуҷуд меояд. Ин ҷо бояд дар хотир дошт, ки зери мафҳуми ҳаракати «сӯроҳӣ»-ҳо дар асл кӯчиши якҷояи (пай дар пай) электронҳоро мефаҳманд. Инҳо электронҳои озод не, балки электронҳои дар алоқаи ковалентибуфта мебошанд. Ноқилияте, ки аз

тарафи электронҳои озод ва «сӯроҳӣ»-ҳо ба амал меояд, **НОҚИЛИЯТИ ХУСУСИИ НИМНОҚИЛ** номида мешавад.

Ҳангоми афзоиши ҳарорати нимноқил шумораи электронҳо, яъне шумораи «сӯроҳӣ»-ҳо низ меафзояд. Камшавии муқовимати нимноқил вобаста аз ҳарорат бо ҳамин шарҳ дода мешавад.



### Саволҳои санчиш

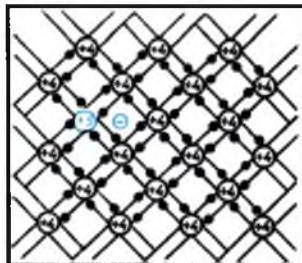
1. Ноқилияти электронӣ ва «сӯроҳӣ»-гии нимноқил чӣ тавр ба амал меояд?
2. Ҳангоми воҳурии электрон бо сӯроҳӣ чӣ рӯй медиҳад?
3. Ноқилияти хусусии нимноқил чист?
4. Барои чӣ муқовимати хоси нимноқилҳо бо баландшавии ҳарорат кам мешавад?

## § 80. Ноқилияти ғашии нимноқилҳо

Муқовимати нимноқилҳо ғайр аз таъсири беруна ба мавҷудияти ғашҳо (омехта) низ вобастагӣ дорад. Ҳангоми ба онҳо илова намудани миқдори ками ғашҳо муқовимати хоси онҳо вобаста аз миқдори электронҳои валентии зиёд ё ками моддаи ғашӣ якбора тағйир меёбад.

**Нимноқилҳои навъи – п.** Масалан, тасаввур мекунем, ки ба силитсий марғи муш илова шудааст. Валентнокии атоми силитсий чор ва атоми марғи муш панҷ аст. Дар кристалли силитсий ҳар як атом бо ҳамин гуна чор атом ихота гаштааст.

Ҳангоми бо атоми марғи муш иваз шудани атоми силитсий чор электрони валентии марғи муш бо чор атоми силитсий дар алоқа мешаванд ва электрони панҷуми марғи муш дар алоқаи хеле суст мемонад (расми 186). Барои озодкунии он энергияи хеле ночиз зарур аст. Ҳатто дар ҳарорати муътадил энергияи ҳаракати ҳароратии атомҳо барои аз атом ҷудо кардани ин электрон ва ба электрони озод табдил додани он кифоягӣ мекунад.



Расми 186

Ҳамин тариқ, бо роҳи илова намудани ғашӣ мувофиқ, адади электронҳои нақлқунандаро дар нимноқил зиёд кардан мумкин аст. Аммо шумораи «сӯроҳӣ»-ҳо чун пештара мемонад.

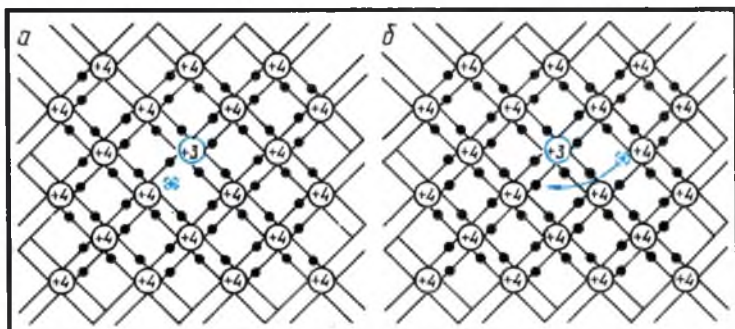
Агар дар чунин нимноқил электронҳои нақлқунанда барандагони асосии ҷараён «сӯроҳӣ»-ҳо бошанд, ғайриасосӣ ҳисоб мешаванд.

Силитсий бо иловаи марғи муш **нимноқили электронӣ** (нимноқили навъи  $p'$ ) – ро ташкил медиҳанд.

Ғашҳое, ки электронҳои худро бо осонӣ дода, дар нимноқил шумораи электронҳои озодро зиёд мекунанд, **ғашҳои донорӣ** номида мешаванд.

**Нимноқилҳои навъи – р.** Ноқилияти германий ё силитсийро инчунин бо ёрии ғашӣ моддаҳои севалента, масалан, бор (В) зиёд кардан мумкин аст. Дар ин вақт ҷараёни нимноқил на аз ҳаракати зарядҳои

манфӣ, балки аз ҳаракати зарядҳои мусбат вобаста мешавад. Ин қабил нимноқилҳоро **нимноқили навъи – p<sup>+</sup>** меноманд.



Расми 187

Ҳангоми ба силитсий илова намудани атоми бор се электрони валентии он бо се атоми ҳамсояи силитсий дар алоқаи ковалентӣ мешаванд (расми 187,а). Бо электрони чоруми силитсий бошад, ягонто аз атомҳои ҳамсояи бор алоқа надоранд, чунки вай электрони валентии чорумро надорад. Яке аз атомҳои наздиктарини силитсий метавонад электрони валентии худро диҳад ва атоми борро ба атоми чоруми силитсий алоқаманд созад. Сипас дар атоми силитсий, ки электрони худро дод, заряди барзиёди мусбат – «сӯроҳӣ» ҳосил мешавад (расми 187,б). Шумораи чунин «сӯроҳӣ»-ҳои иловагӣ аз он вобаста аст, ки ба кристалли силитсий чанд атоми бор дохил мегардад.

Дар нимноқили навъи – p «сӯроҳӣ»-ҳо барандагони асосии чараён, вале электронҳо барандагони гайриасосӣ ҳисоб мешаванд.

Нишон додан душвор нест, ки бо роҳи ба силитсий каме илова кардани омехтаи моддаҳои панҷвалента ё севалента шумораи барандагони озоди чараён-электронҳо ё «сӯроҳӣ»-ҳо якбора меафзояд.

Ҳисоботи номураккаберо гузаронида, ба ин боварӣ ҳосил кардан мумкин аст.

Дар  $1 \text{ м}^3$  силитсий ба ҳисоби миёна  $10^{28}$  атом вучуд дорад. Дар шароити муқаррарӣ миқдори электронҳои озод дар ин ҳаҷм, тавре ки таҷрибавӣ муқаррар шудааст,  $n=10^{17} \text{ м}^3$  аст. Пас ба ҳар сад миллиард атомҳои силитсий як электрони озод рост меояд. Ба хотир меорем, ки дар филизот тақрибан ба ҳар як атом як электрони озод рост меомад.

Фарз кунем, ки ҳамагӣ 1% атоми силитсийро атомҳои марғи муш иваз мекунанд. Дар 1% омехтаи марғи муш 0,01 ҳисса аз  $10^{28}$ , яъне  $10^{26}$  атомҳои дар  $1 \text{ м}^3$  буда ҷойгир мешаванд. Агар ҳисоб кунем, ки ҳар як атоми марғи муш як электрони нақлқунанда медиҳад, пас миқдори чунин электронҳои бо омехта алоқаманд  $10^{26} \text{ м}^3$ -ро ташкил медиҳанд. Ин назар ба миқдори электронҳо дар силитсийи тоза  $10^9$ , яъне миллиард маротиба зиёд аст. Пас муқовимати хоси нимноқилҳо мутаносибан ҳамин қадар кам мешавад.

\* *Аз калмаи negatio-манфӣ.* \* *Аз калмаи positio- мусбат мебошад*

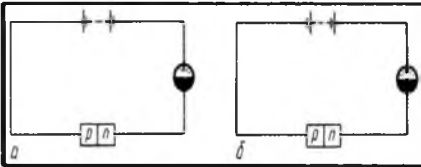


### Саволҳои санҷишӣ

1. Гаши ба нимнокили германий иловашаванда барои а) нокилияти электронӣ; б) нокилияти «сӯроҳӣ» доштаниш бояд чӣ гуна валентноқӣ дошта бошад?
2. Барои чӣ миқдори ночизи омехтаи моддаи панҷвалента ё севалента дар силитсий нокилияти онро яқбора зиёд мекунад?

## § 81. Нокилияти яктарафаи қабати тамосӣ

Аз хосияти тамоси (контакт) байни нимноқилҳо, ки бо навъҳои **n** ва **p** аз якдигар фарқ мекунанд, ҳангоми татбиқи амалии онҳо васеъ истифода мебаранд.



Расми 188

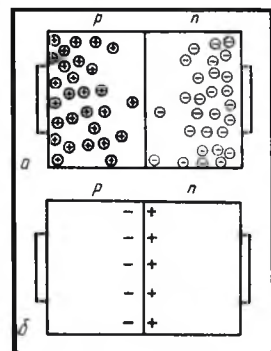
Нимнокили кристаллиро, ки ба туфайли иловаи гашҳои мувофиқ нокилияти намудҳои **n** ва **p**-ро ташкил додаанд, ба занҷир пайваст мекунем. Маълум мегардад, ки ҳангоми тағйирдиҳии қутбҳои ҳамон як манбаъ дар чунин дастгоҳи нимноқилӣ дар як маврид чараён мегузарад (расми 188,а), дар мавриди дигар тамоман чараён намегузарад (расми 188,б). Ин аз он гувоҳӣ медиҳад, ки қитъаи тамосии нимноқилҳои навъи **n** ва **p** хосияти аҷиб дорад. Яъне муқовимати он ба як самти чараён нисбат ба дигараш чандин ҳазорҳо маротиба зиёд аст.

Сабоби ин ҳодисахоро шарҳ медиҳем. Барои ин муқаррар намудан лозим аст, ки дар ҳудуди қабати нимноқилҳои «сӯроҳӣ» ва «электронӣ» чӣ ҳодиса рӯй медиҳад?

Электронҳо дар ҳаракати ҳароратии нимноқили навъи **n** иштирок намуда, аз ҳудуди нимноқилии навъи **p** мегузаранд, яъне бо «сӯроҳӣ»-ҳо омехта мешаванд. Айнан ҳамин тавр «сӯроҳӣ»-ҳо ба нимноқили навъи **n** гузашта, бо электронҳо омехта мешаванд. Ин ҳодиса мисли он сурат мегирад, ки атомҳои маҳлули ғализ бо маҳлули нисбатан тунук омезиш меёбанд.

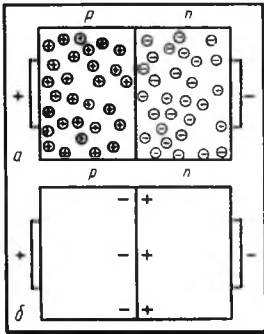
Дар натиҷаи даррафт зарядҳои озод дар қитъаи тамосӣ кам мемонанд, дар нимноқилҳои навъи **n** миқдори электронҳо ва дар нимноқилҳои навъи **p** миқдори «сӯроҳӣ»-ҳо кам мешавад (расми 189,а). Аз ин рӯ муқовимати қитъаи тамосӣ меафзояд.

Дар натиҷаи даррафти электронҳо ва «сӯроҳӣ»-ҳо ҳангоми гузариши **p-n** ноқили электронҳоаш ҷудошуда мусбат ва ноқили «сӯроҳӣ»-ҳоаш раванда манфӣ заряднок мегарданд (расми 189,б). Дар байни ин ду қабати зарядҳо майдони электрикӣ пайдо мешавад, ки барои даррафти минбаъдаи барандагони асосии чараён монеа мешаванд ва ҳангоми ягон қимати шадидияти ин майдон даррафт пурра катъ мегардад.



Расми 189





Расми 190

Акнун нимноқили гузариши **p-n** доштаро ба манбаи чараён чунон пайваст мекунем, ки соҳаи электрони он ба қутби манфӣ ва соҳаи «сӯроҳӣ»-и он ба қутби мусбати манбаъ мувофиқ ояд.

Дар ин маврид майдони электрикии манбаи чараён сабаби дар ҳар ду тарафи қитъаи тамосӣ бештаршавии миқдори барандагони асосии заряд мешавад (расми 190,а). Дар натиҷа шадидияти майдони байни нимноқилҳои **p** ва **n** суст мешавад (расми 190,б) ва аз қабати тамосӣ чараёни муайян мегузарад.

Агар баръакс, нимноқили электрони ро ба қутби мусбат ва «сӯроҳӣ»-ро ба қутби манфии манбаи чараён пайваст кунем, барандагони асосии чараён дар ҳар як нимноқил аз қитъаи тамосӣ ба самтҳои муқобил ҳаракат мекунанд (расми 191, а). Барандагони асосии чараён дар қитъаи тамосӣ кам гашта,

шадидияти майдони гузариши **p-n** меафзояд (расми 191, б). Дар ин маврид муқовимати қитъаи тамосӣ меафзояд ва чараёни гузаранда хеле суст мешавад.

Ҳамин тариқ, тамоси ду нимноқили ноқилияти гуногундошта хосияти ба як тараф хеле хуб гузаронидани чараён, яъне ноқилияти яктарафаи дорад.

Ноқилияти яктарафаи гузариши **p-n** дар росткунакҳои чараёни тағйирёбанда истифода бурда мешавад.

**Диоди нимноқилӣ.** Қисми асосии росткунаки нимноқилӣ асбобест, ки қитъаи гузариши **p-n** дорад. Ин асбоб **диоди нимноқилӣ** аст. Диоди

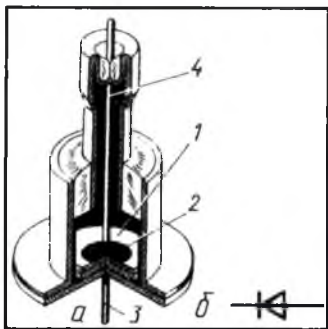
ҳозиразамонро бештар аз германий ва силитсий месозанд, ки дар онҳо иловаи гашҳои мувофиқ ноқилияти электронӣ ва «сӯроҳӣ»-ро ба вуҷуд меоранд.

Масалан, агар ба лавҳаи аз германий сохташуда, ки ноқилияти электронӣ дорад, қатраи ғудохтаи индийро чаконем (расми 192), пас қабати сатҳи германий, ки ба он атомҳои индий дохил шудаанд, ба нимноқили «сӯроҳӣ»-гӣ табдил меёбад ва дар байни онҳо гузариши **p-n** ба вуҷуд меояд.

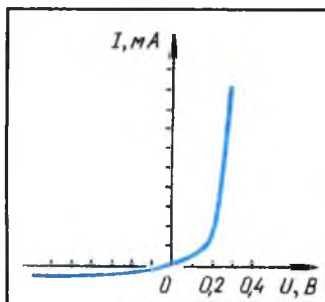


Расми 192

Дар расми 193 (а) сохти яке аз диодҳои аз германий сохташуда ва аломати шартии он нишон дода шудааст (Расми 193, б). Қисми асосии диодро лавҳаи аз германий тайёршудаи 1, ки ғудохтаи индий (2) дорад, ташкил медиҳад ва он дар баданаи (корпус) филизии аз таъсири беруна муҳофизаткунанда ҷойгир шудааст. Ба германий ва индий баромадҳои 3 ва 4-и аз бадана изолятсияшуда пайваст мешаванд.



Расми 193



Расми 194

Вобастагии қувваи ҷараёни аз нимноқил гузаранда ва шиддати ба он гузошташуда, яъне тавсифоти волтамперии он дар расми 194 нишон дода шудааст.

**?** Саволҳои санҷишӣ

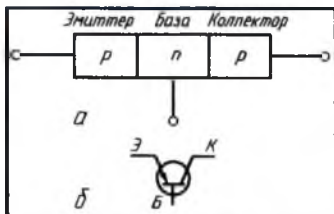
1. Гузариши **p-n**-ро чӣ тавр ҳосил мекунамд?
2. Гузариши **p-n** чӣ гуна ҳосиятҳо дорад?
3. Ҳангоми чӣ гуна пайвастандаи гузариши **p-n** дорои муқовимати кам аст ва дар кадом маврид муқовимати зиёд дорад?
4. Диоди нимноқилӣ ва реостат дар куттиҳои яххела ҷойгиранд ва аз кутбҳои ҳар кадоми онҳо дутоғӣ сим берун бароварда шуда бошанд, аз манбаи ҷараён истифода бурда, куттии дар он диодбударо чӣ тавр муайян бояд кард?

### § 82\*. Триоди нимноқилӣ – транзистор

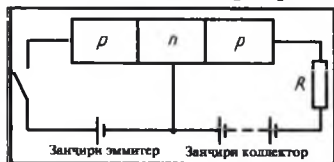
Шубҳае нест, ки Шумо оид ба транзисторҳо чун қисми асосии асбобҳои радио ва телевизион шундаед. Транзистор дастгоҳест, ки аз ду гузариши **p-n** иборат мебошад.

Ҳамаҷунан мувофиқро дар кристалли германий ё силитсий истифода бурда, дар байни ду қатъаи ноқилияти навъи **p** дошта қабати ноқилияти навъи **n** доштаро ҷойгир мекунамд, ки он **база** ном дорад (расми 195, а).

Яке аз соҳаҳои ҷудошудаи база **эмиттер**, дигаре – **коллектор** ном доранд. Ҳамин тариқ, дар байни эмиттеру база, инчунин коллектору база ду гузаргоҳи **p-n** ба вуҷуд оварда мешавад, ки онҳо зарядро ба самтҳои муқобил мегузаронанд. Дар расми 195, б аломати шартии транзистор нишон дода шудааст. Занҷире, ки ба он эмиттер ва база дохил мешаванд, **занҷири эмиттер** ва занҷире, ки ба он база ва коллектор васл мешаванд, **занҷири коллектор** номида мешаванд.



Расми 195



Расми 196

Ҳар ду гузаргоҳҳои **p-n**-ро ба ду манбаи чараён васл мекунамд (расми 196).

Вақте ки занҷири эмиттер кушода аст, чараёни занҷири коллектор ночиз аст.

**Амали пуркуваткунаки транзисторӣ.** Кувваи чараён дар эмиттер ва коллектор қариб як хел аст. Ин бо он шарҳ дода мешавад, ки қисми (то 95%) зиёди «сӯроҳӣ»-ҳои аз эмиттер ба база гузаронида ба коллектор мераванд, чунки база қабати тунук аст ва аз он «сӯроҳӣ»ҳо бо таъсири майдон аз байни электронҳои база бемалол мегузаранд.

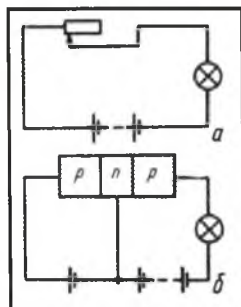
Аз ин сабаб ҳангоми бо ёрии манбаи чараёни тағйирёбанда дар занҷири эмиттер тағйир додани қувваи чараён, дар занҷири коллектор низ ба ҳамон дараҷа тағйирот ба амал меояд. Ин хусусияти транзисторро барои дар занҷири коллектор идоракунии чараён истифода бурдан мумкин аст. Барои ин ба занҷири коллектор резистори муқовиматаш зиёдро пайваस्त мекунамд. Баъд аз ин тағйирёбии ночизи шиддат дар занҷири эмиттер метавонад тағйирдиҳии шиддатро дар резистор ба миён орад, чунки ҳангоми яхела будани қувваи чараён дар эмиттер ва коллектор шиддатҳои онҳо ба муқовиматҳояшон мутаносибанд. Амали пуркуваткунадаи транзисторӣ аз хамин иборат аст.

Барои он ки кори транзисторро ҳамчун муқовимати тағйирёбанда бифаҳмем, занҷири оддиеро муоина мекунем, ки дар он реостат ба сифати муқовимати тағйирёбанда хизмат мекунад ва он дар занҷир ба лампа пайдарпай пайваस्त шудааст (расми 197,а). Барои ин реостати муқовиматаш нисбат ба муқовимати лампа хеле зиёд бударо мегирем.

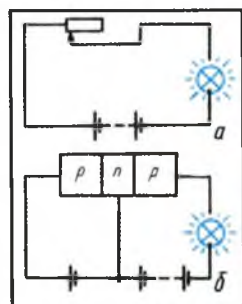
Маълум аст, ки шиддати ноқилҳои пайдарпай пайвастшуда ба муқовиматҳои онҳо мутаносиб аст  $U = IR$ . Бигузур реостат бо муқовимати пурра ба занҷир васл шуда бошад. Дар ин маврид қисми зиёди шиддат дар муқовимати реостат сарф шуда, қисми хурди он ба лампа мегузарад. Дар натиҷа лампа наметафсад. Мисли хамин, дар мавриде, ки занҷири эмиттер сарбаستا нест (расми 197, б), муқовимати қитъаи «база-коллектор» назар ба муқовимати лампа хеле зиёд аст. Дар айни ҳол қисми зиёди афтиши шиддати батарея дар қитъаи «база-коллектор» ва қисми ками он дар лампа ба амал меояд.

Давонаки реостатро ба ҳаракат оварда, муқовиматро дар занҷир кам мекунем (расми 198, а) қисми ками он ба реостат ва қисми зиёди афтиши шиддат дар лампа ба амал меояд ва равшаннокии он зиёд мегардад.

Мисли хамин, агар занҷири эмиттерро (расми 198, б) сарбаستا намоем, муқовимати қитъаи «база-коллектор» кам мешавад ва қисми бештари афтиши шиддат дар лампа сабаби равшании зиёди мӯяки он мегардад.



Расми 197



Расми 198

Аз ин ҷо фаҳмида мешавад, ки қитъаи «база-коллектор» дар занчире, ки лампа дорад, мисли реостат вазифаи муқовимати тағйирёбандаро иҷро менамояд.

### § 83. Татбиқи асбобҳои нимноқилӣ дар техника

Мо ин ҷо танҳо бо баъзе хосиятҳои ҷолиби нимноқилҳо ва асбобҳои нимноқилӣ: термистор, фоторезистор, диод ва транзистор шинос шудем. Асбобҳои нимноқилӣ дар радиотехника, автоматика, телемеханика ва дигар соҳаҳои илму техникаи имрӯза ба таври васеъ истифода мешаванд.

Ҳоло дар радиҳои маснуи Замин ва дар киштиҳои парвозкунандаи байнисайёравӣ батареяҳои офтобие шинонда мешаванд, ки онҳо аз ҳисоби энергияи Офтоб энергияи электрикӣ ҳосил мекунанд. Дар як қатор мамлакатҳои дунё лоиҳаи дастгоҳҳои тайёр шуда истодаанд, ки дар онҳо энергияро барои гармкунии хонаҳои истиқоматӣ тавассути батареяҳои дар болои бом мучаҳҳазшуда ҳосил мекунанд. Нимноқилҳои гузаришҳои **p-n** дошта қисми асосии батареяҳои офтобиро ташкил медиҳанд.

Ноил гаштан ба андозаи ниҳоят хурди асбобҳои нимноқилие, ки чанд миллиметрро ташкил диҳанд, имконияти ба осонӣ тағйирдиҳии ноқилияти электронии онҳо ва ғайраҳо, қори дарозмуддат, самтҳои ояндаи таҳқиқу татбиқи нимноқилҳоро ташкил медиҳанд.

Академик А. Ф. Иоффе, ки қорҳои ӯ оид ба омӯзиши хосияти нимноқилҳо ба оламиён шиносанд, ҳалли проблемаҳои техникаи гуногуни ин соҳаро пешбинӣ намуда, навишта буд: «Бо ёрии нимноқил чунин масъалаҳои бунёдии илмӣ, мисли табдили энергияи ҳароратӣ ба энергияи Офтоб ба энергияи электрикӣ ва инчунин энергияи электрикӣ ба механикӣ ҳал хоҳанд шуд... Қабулкунандаҳои радиои такмилёфта, аппаратҳои ниҳоят мураккаби хабаррасон (сигнализатсионӣ) ва идоракундаҳои автомати телевизионӣ бо андозаҳои хеле хурд сохта мешаванд».

### § 84. Табиати ҷараёни электрикӣ дар вакуум (хало).

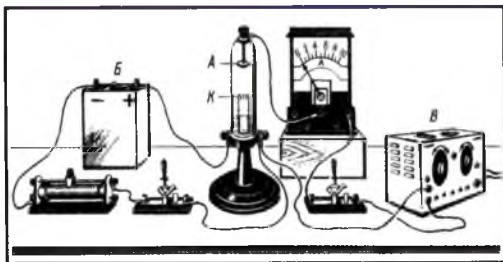
#### Эмиссияи термоэлектронӣ

Лампаҳои радио, қарнаи электроншӯъ ва осцилографи электронӣ асбобҳои мебошанд, ки дар онҳо хало ба вучуд оварда мешаванд. Вакуум гуфта ҳолати гази тунуки фишораи ба дараҷае пастро мефаҳманд, ки дар он бархӯрди молекулаҳо амалан ба қайд гирифта намешавад. Чунин гази тунук изолятор буда дар он барандагони заряд вучуд надоранд. Вале ба он барандагони зарядро дохил карда, ошқор қардан мумкин аст, ки вай ба ноқил табдил меёбад. Пас, ин қор чӣ тавр муяссар мешавад?

Роҳи муносибтари дар чунин муҳит ҳосил қардани барандагони заряд истифодаи электронҳои озоди филизот мебошад.

Таҷриба нишон медиҳад, ки дар ҳароратҳои баланд филизот аз худ электронҳо ҳориҷ мекунанд. Ин ҳодиса **эмиссияи термоэлектронӣ** ном гирифтааст. Электронҳо инчунин хангоми бо рӯшноӣ равшанкунии сатҳи

филизот канда мешаванд. Ин ходисаро эмиссияи фотозлектронӣ меноманд. Ва дар охир хангоми ба сатҳи филизот зарраҳои зарядноки серхаракат (электронҳо, ионҳо ва ғ.) афтидан, вай аз худ электронҳо мебарорад. Инро эмиссияи электроники дуюмӣ мегуянд. Барои ҳосилкунии ҷараёни электрии дар вакуум ҷамаи намудҳои эмиссия ба таври васеъ истифода мешаванд.



Расми 199

Бо ҳодисаи тавассути эмиссияи термоэлектронӣ дар вакуум ҳосил кардани ҷараён шинос мешавем.

Зарфи шишагинеро мегирем, ки ба он электродҳо кафишер шудаанд (расми 199). Яке аз онҳо, ки шакли мӯяки филизӣ (волфрам)-и К-ро дорад, аз ҷараёни электрии батареяи В метафсад. Электроди дигар лавҳаи филизии А ҳисоб мешавад.

Мӯякро ба қутби манфӣ, вале лавҳаи А-ро ба қутби мусбати манбаи баландшиддати В пайваस्त мекунем. Баъди ин мӯяк ҳамчун катод ва лавҳа ҳамчун анод хизмат мекунад. Галванометри ба ин занҷир пайваस्तшуда барои ҷенкунии қувваи ҷараён хизмат мекунад.

Вақте ки катод тафсон аст, галванометр ягон қувваи ҷараёнро нишон хоҳад дод. Пас маълум мегардад, ки дар байни электродҳо зарраҳои зарядноке пайдо шудаанд, ки оҳтимол онҳо аз электроди тафсон (мӯяк) канда шуда бошанд. Онҳо таҳти таъсири майдони электрии аз катод ба анод меҷуҷанд.

Бо боварии комил гуфтан мумкин аст, ки мӯяк танҳо зарраҳои зарядноки манфӣ, яъне электронҳоро хорич мекунад.

Барои ин занҷири асосиро тавре тартиб медиҳем, ки акнун мӯяк анод, вале лавҳа катод бошад. Мебинем, ки дар ин ҳолат акрабаки галванометр майл намекунад. Дар занҷир ҷараён нест. Набудани ҷараён дар ин маврид аз он шаҳодат медиҳад, ки электронҳо аз мӯяк ба қафо бармегарданд.

Эмиссияи термоэлектронӣ раванди бугшавии моеъ ё моддаи сахтро ба хотир меорад. Фақат аз филизи тафсон зарраҳои заряднок-электронҳо, вале аз моеъ молекулаҳои нейтрал (безаряд) хорич мешаванд.

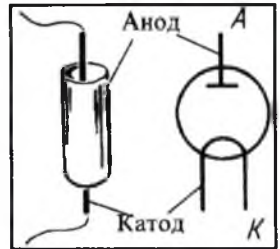
Мисли он ки хангоми бугшавии моеъ қувваҳои кашиши байни молекулаҳо кори манфӣ иҷро мекунад, хангоми аз сатҳи филиз кандашавии электронҳо ҳам таҳти таъсири қувваҳои кашиши байни ионҳои филиз кори манфӣ иҷро мегардад. Онро кори баромад меноманд ва чун бузургии тавсифдиҳандаи филиз (тавре ки гармии бугҳосилкунӣ ҳосияти моеи додашударо тавсиф медиҳад) хизмат мекунад.

Кори баромад одатан бо электрон-волтҳо ҷен карда мешавад ва барои аксарияти филизот қиматҳои аз 2 то 6 эВ-ро дорад. Масалан, барои сезий қимати 2,8 эВ, барои нуқра – 4 эВ, барои никел – 4,9 эВ-ро дорад.

Аз худуди филизот электронҳое берун мебароянд, ки энергияи кинетикии ба кори баромад баробар ё аз он зиёд доранд.

Ҳангоми баландшавии ҳарорат шумораи электронҳои хориҷшаванда меафзояд.

**Лампаи дуэлектрод** – диод. Асбобе, ки тавассути он мо эмиссияи термоэлектрониро ҳосил намудем, асбоби оддитарини вакуумӣ – лампаи электронии ду электроддошта мебошад. Чунин лампаро **диоди вакуумӣ** меноманд. Мӯяки лампа ба сифати катод хизмат мекунад. Ба сифати анод устувонае, ки мӯякро иҳота кардааст (расми 200 аз чап), хизмат мекунад. Аломати шартии диод (дар схемаҳо) дар расми 200 аз тарафи рост нишон дода шудааст.



Расми 200

Чунон ки гуфтем, аз диод фақат вақте чараён мегузарад, ки мӯяки тафсон ба сифати катод хизмат кунад. Ҳангоми тағйири кутбҳои манбаъ чараён дар занҷир қатъ мегардад. Аз ин сабаб диоди вакуумӣ, ки ба занҷири чараёни тағйирёбанда пайваست шудааст, чараёнро танҳо ба як тараф мегузаронад ва яқбора чараёни самташ тағйирёбандаро ба чараёни самташ доимӣ табдил медиҳад. Ин хусусияти асосии диод дар техника татбиқи васеъ дорад.

**Суръати электронҳо дар асбобҳои вакуумӣ.** Чараён дар вакуум аз филизот бо он фарқ мекунад, ки дар ҳало электронҳо дар байни электродҳо ҳаракат карда, бо зарраҳои дигар бархӯрд надоранд. Барои ҳамин ҳам таҳти таъсири майдони электрикӣ электронҳо то ба анод расидан бефосила шитоб мегиранд. Масалан, агар шиддати байни электродҳо  $U=100\text{В}$  ва  $\mathcal{G}_0 = 0$  бошад, пас энергияи кинетикии электронҳо  $\frac{m_0 \mathcal{G}^2}{2}$  ба кори қўчиши электронҳо  $eU$  баробар мешавад:

$$\frac{m_0 \mathcal{G}^2}{2} = eU$$

Аз ин ҷо  $\mathcal{G} = \sqrt{\frac{2Ue}{m_0}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \text{ В} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} \approx 6 \cdot 10^{11} \text{ м/с}$   
 ҳосил мешавад.

Ин суръат назар ба суръати ҳаракати ботартиби электронҳо дар филизот даҳҳо миллион маротиба зиёд аст.

**Саволҳои санҷишӣ**

1. Эмиссияи термоэлектронӣ чист?
2. Боз кадом тарзҳои эмиссияи электрониро медонед?
3. Кори баромад чист?
4. Оид ба ҳосияти асосӣ ва татбиқи диод маълумот дода метавонед?

## Машки 37

1. Кори баромади электрон аз ҳулаи сезий ва волфрам ба 1,8эВ баробар аст. Барои ин ҳуларо тарк кардан бояд электрон чӣ қадар суръат дошта бошад? Массайи электрон  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

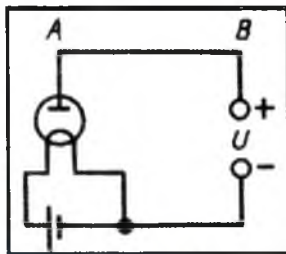
2. Барои аз ҳудуди сатҳи: а) сезий; б) нукра кандашавиӣ электрон ба вай чӣ қадар суръати камтарин зарур аст?

3. Аз рӯи маълумоти ҷадвали зер тавсифоти волтампери диоди вакуумиро созад.  
**Ҷадвали 5.**

I, mA	0	2	6	10	15	25	25	25
U, V	0	10	20	30	40	50	60	70

Магар чараёни аноди ба Қонунӣ Ом итоат мекунад? Барои чӣ ҳангоми тағйирёбии шиддати аз 50 то 70В қувваи чараён дар анод бетағйир мемонад?

4. Қувваи чараёне, ки аз диоди вакуумӣ ва симҳои буришашон  $0,8 \text{ мм}^2$  мегузарад, 200 mA ва шиддати лампа  $U = 180 \text{ В}$  бошад, суръати миёнаи ҳаракати электронҳоро дар байни электродҳои лампа ва дар ноқили АВ (расми 201) муқоиса намоед. Микдори электронҳоро дар ноқил  $10^{28} \text{ м}^{-3}$  ва суръати ибтидоии онҳоро сифр қабул намоед.



Расми 201

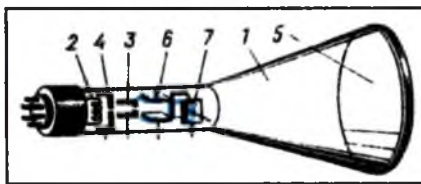
## § 85. Карнайи электроншоъ

Дар асбобҳои электрикии вакуумӣ электронҳо ҳангоми аз катод ба анод бо шитоб ҳаракат кардан ба энергияи кинетикии зиёд соҳиб мешаванд. Агар аноди лампаи дуэлектрода дар шакли устуворона асосҳояш қушода сохта шавад, пас қисме аз электронҳо аз сӯроҳи баромада, минбаъд аз рӯи инерсия ҳаракати худро давом медиҳанд, ки дар фазои паси анод дастаи борикии электронҳои тезҳаракаткунанда пайдо мешавад.

Асбоби махсусро мӯина мекунем, ки дар он дастаҳои электронӣ ба вучуд оварда мешаванд. Ин гуна асбобро **карнайи электроншоъ** меноманд (расми 202). Дастгоҳи дастаи электронҳоро бавучудоваранда дар қисми борики зарфи шишагини 1 тахти вакууми баланд ҷойгир аст. Чунин дастгоҳро «**тӯпи электронӣ**» меноманд. Тӯп аз мӯяки тафсанда (катод)–и 2, аноди шакли устуворонавии 3 ва электроди устуворонашакли 4-и сӯроҳдор иборат аст, ки дастаи электронҳоро идора мекунад.

Ҳангоми тафсиши мӯяк ва байни мӯяку анод шиддати баланд пайдо шудан, электронҳои аз мӯяк бароянда дар шакли дастаи борик аз анод гузашта мераванд. Ин даста ба экрани 5 меафтад. Экран аз дарун бо моддаи махсус (люминофор) пушонда шудааст, ки ҳангоми ба сатҳи он расидани электронҳо равшанӣ медиҳад. Нуктаҳои равшанро дар он ҷое, ки электронҳо мерасанд, дидан мумкин аст.

Агар бо ёрии манбаи дигар ба электроди 4 потенциали манфӣ



Расми 202

диҳем, пас вай суръати электронҳоро дар роҳи ба анод рафтан суст менамояд. Потенсиали электродро каму зиёд карда, микдори электронҳои то экран расанда ва равшании нуқтаҳо дар экран ба танзим даровардан мумкин аст.

Дар карнайи электроншуоъ тавассути дастгоҳи иловагӣ самти дастаи электронҳоро тағйир додан мумкин аст. Майдони электрикии байни лавҳаҳо на ба дарозии карнай, балки ба самти перпендикуляр нисбат ба он таъсир мекунад. Аз ин рӯ вай самти нурро тағйир медиҳад. Агар ба чуфти аввали лавҳаҳо (6) шиддат диҳем, пас нури электронӣ ба тарафи лавҳаи мусбат ҳам меҳӯрад. Дар ин маврид нуқтаи равшан ба самти амудӣ ба боло ё поён мекуҷад. Зиёду кам кучидани он аз бузургии шиддат вобастагӣ дорад.

Айнан ҳамин тавр, бо чуфти дигари лавҳаҳо (7) шиддат дода, нури электрониро дар ҳамвории уфуқӣ кӯчондан мумкин аст.

Азбаски инертияти электронҳо кам аст, нури электронӣ бо тағйирёбии шиддат самти худро дарҳол дигар мекунад. Аз ин рӯ, карнайи электроншуоъ барои мушоҳидаи шиддатҳои зудтағйирёбанда истифода бурда мешавад. Асбобе, ки дар он карнайи электроншуоъ барои тадқиқи суръати протессҳои зудчоришаванда истифода бурда мешавад, **осциллографи электронӣ** номида мешавад.

Карнайи электроншуоъ хусусан дар телевизион (карнайи телевизион-кинескоп) қисми заруртарин аст. Ба татбиқи карнайи электроншуоъ дар соҳаҳои дигар баъдтар шинос мешавад.

**Хосиятҳои дастаҳои электронӣ.** Дастаи электронӣ дорои як катор хосиятҳои дар таҷриба санҷидашуда мебошад. Дастаҳои электронӣ худ ба худ ростхатта паҳн мешаванд. Вале дар майдонҳои электрикӣ, ки нисбат ба самти паҳншавии даста ягон кунҷро ташкил медиҳанд, ҳам меҳӯранд. Инро дар таҷриба мушоҳида кардан мумкин аст. Дастаҳои электронӣ дар майдони магнитӣ низ ҳам меҳӯранд, чунки ба электронҳои ҳаракаткунанда қувваи Лоренс таъсир мекунад. Ба карнайи электроншуоъи коркардаистода магнитро наздик карда, ҳамхӯрии дастаи электрониро мушоҳида кардан мумкин аст.

Электронҳои дастаи электронӣ ба энергияи баланд соҳибанд, зеро онҳо бо суръати зиёд ( $\sim 10^7$  м/с) ҳаракат мекунанд. Агар дар камераи вакуумӣ дастаҳои пуриқтидори электрониро ба филлизот равона созем, онҳо филлизро саҳт тафсонда, ҳатто мегудозанд. Ин хосияти дастаҳои электронӣ дар техника барои гудозиши баландсифати вакуумии филлизот истифода бурда мешавад.



### Саволҳои санҷишӣ

1. Карнайи электроншуоъ чӣ гуна сохта шудааст?
2. Дастаҳои электронӣ чӣ гуна хосиятҳо доранд?
3. Карнайи электроншуоъ дар кучо истифода мешавад?



### Машқи 38

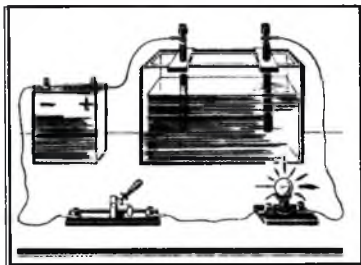
1. Агар шиддати анод 8 кВ бошад, пас электронҳо ба экрани карнайи электроншуоъ бо кадом суръат меафтанд?

2. Ба майдоне, ки лавҳаҳои амудан ҳамкунандаи карнайи электроншуоъ ба вучуд меорад, электрон бо суръати  $10^7$  м/с (ба лавҳаҳо мувозӣ) дохил мегардад. Дарозии лавҳаҳо 2 см, масофаи байни онҳо 1 см аст. Агар дастаи электронҳо ба 1 мм ҳам шуда бошад, пас шиддати байни лавҳаҳо чӣ қадар аст?



## § 86. Табиати ҷараёни электрикӣ дар электролитҳо. Қонунҳои Фарадей

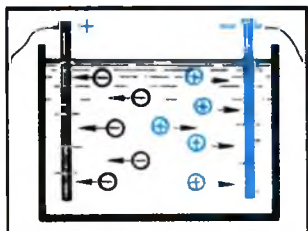
**Барандагони заряд дар электролитҳо.** Қаблан зикр кардем, ки ҳангоми гузаштани ҷараён дар филизот ягон тағйироти химиявӣ ба вучуд намеояд. Вале гуруҳи дигари ноқилҳо мавҷуданд, ки ҷараёни электрикӣ маҳз натиҷаи тағйироти химиявӣ дар онҳо ба амалоянда аст. Ба чунин гуруҳи ноқилҳо маҳлули намакҳо, туршиҳою асосҳо ва омехтаи онҳо дохил мешаванд. Онҳоро **электролитҳо** меноманд.



Расми 203

Лампаи электрикӣ ва зарфро, ки оби муқаттар ва ду электрод дорад, пайдарпай ба манбаи ҷараён пайваस्त карда мебинем, ки лампа фурузон намешавад. Яъне оби аз ҷиҳати химиявӣ тоза ҷараёни электрикиро қариб намегузаронад. Баъди ин дар об ягон намак, масалан, даҳани фарангро ҳал мекунем, пас лампа фурузон шуда, дар сатҳи катод мис ҷудо мешавад (расми 203).

Ҳангоми аз электролит гузаштани ҷараён ҳамеша ҳамроҳи заряд модда ҷудо мешавад. Аз ин хулоса баровардан мумкин аст, ки дар чунин ноқилҳо барандагони заряд атомҳои заряднок ё гуруҳи атомҳо, яъне ионҳо мебошанд.



Расми 204

Аз химия маълум аст, ки ҳангоми дар об ҳалшавии намак, туршӣ ва ишқорҳо молекулаҳои нейтралӣ ин моддаҳо ба ионҳои мусбату манфӣ ҷудо мешаванд. Ин ҳодиса **диссоциатсияи электролитӣ** ном дорад. Пас дар чунин маҳлулҳо ҳамеша як миқдори ионҳо: катионҳо (ионҳои мусбат) ва анионҳо (ионҳои манфӣ) мавҷуданд. То набудани майдони беруни ионҳо бетартиб ҳаракат мекунанд. Вале дар майдони электролитӣ

ионҳо мисли электронҳои филизот ба самти қувваҳои таъсиркунанда: катионҳо ба катод, анионҳо ба анод ҳаракат менамоянд. (расми 204).

**Ҷараёни электрикӣ дар электролитҳо аз ҳисоби кучиши ионҳои мусбату манфии ба самтҳои муқобил ҳаракаткунанда ҳосил мешавад.**

Таҷриба нишон медиҳад, ки дар электролитҳо қувваи ҷараёну шиддат вобастагии хаттӣ доранд, яъне барои электролитҳо қонуни Ом дуруст аст.

**Табиқи техникии электролиз.** Ҳангоми аз электролит гузаштани ҷараён дар сатҳи электрод ҷудошавии моддаро электролиз меноманд. Электролизро дар техника ба таври васеъ истифода мебаранд. Металлургияи электрикӣ – ҳосил кардани алюминий, мағний, бериллий ва дигарҳо ба ҳодисаи электролиз асос карда шудааст.

Барои аз ҳар гуна омехтаҳо тоза кардани филизот, масалан, барои рафиронидани мис ҳам электролизро истифода мебаранд. Филизи

гудохтаро ба хавзчаи электролитие мерезанд, ки махлули туршии сулфиду дахани фаранг дорад ва чун анод хизмат мекунад. Ҳангоми электролиз дар сатҳи катод, ки вазифаи онро лавҳаи мисин иҷро мекунад, миси тоза ҷудо мешавад.

Электролизро инчунин дар **галваностегия**, яъне дар раванди бо қабати тунуки филизот (масалан никел, хром, нуқра ва дигарҳо) сайкалдиҳии сатҳи ҷисмҳо татбиқ мекунам. Ин корро на танҳо барои ба ҷисмҳо шакли берунии зебо додан, балки барои аз занг задан пешгирӣ намудани онҳо иҷро мекунам.

Агар сатҳи маснуотро бо қабати гафси филизи гудохта рӯпуш кунем, баъди ҷудо кардани ин қабат қолаби саҳеҳи ҷисм ҳосил мешавад. Барои филизи рехташударо аз ҷисм ба осонӣ ҷудо кардан, пешакӣ ба сатҳи он қабати тунуки графит мемоланд. Чунин тарзи аз тангаҳои қадимӣ ё мучассамаҳо ҳосилкунии нусхаҳои **галванопластика** меноманд. Раванди мазкурро инчунин дар саноати полиграфӣ барои ҳосилкунии нусхаи матнҳо (матрисаҳо) истифода мебаранд.

**Конунхон Фарадей.** Назарияи электронӣ имконият медиҳад, ки массаи моддаи ҳангоми электролиз ҷудошуда ҳисоб карда шавад. Миқдори ионҳо ва адади молҳои моддаи ҷудошуда вобастагии зерин доранд:

$$N = \frac{m}{M} N_A$$

ки ин ҷо  $m$  - массаи модда,  $M$  - массаи молярии он ва  $N_A$  адади Авогадро мебошанд.

Аз тарафи дигар, адади электронҳои дар сатҳи электрод нишаста ба воситаи заряди  $Q$  ва заряди як ион  $q_0$  чунин ифода карда мешавад:

$$N = \frac{Q}{q_0}$$

Пас  $\frac{Q}{q_0} = \frac{m}{M} N_A$  ва аз ин ҷо  $m = \frac{MQ}{N_A q_0}$  мешавад.

Заряди ҳар гуна ион  $q_0 = ze$  мебошад, ки ин ҷо  $z$  - валентнокии ион аст.

Ҳамин тавр  $m = \frac{MQ}{N_A ez}$  (3.3.7)

-ро ҳосил мекунем. Бузургиҳои  $N_A$  ва  $e$  доимҳои универсалӣ буда,  $M$  ва  $z$  барои моддаи додашуда доимӣ мебошанд. Аз ин рӯ ифодаи  $\frac{M}{N_A ez}$  барои моддаи додашуда бузургии доимӣ мебошад.

Аз формулаи (3.3.7) чунин бармеояд, ки массаи дар сатҳи электрод ҷудошудаи моддаҳо ба заряди аз маҳлул гузаранда мутаносиб аст.

Ин вобастагӣ бори аввал аз тарафи физики англис М. Фарадей (1791-1867) солҳои 30-юми асри XIX кашф гардидааст ва аз ин рӯ қонуни Фарадей ном гирифтааст.

Агар зарбшавандаи домиро дар формулаи (3.3.7) бо  $k$  ишорат кунем,

$$\frac{M}{N_A e z} = k$$

пас конуни Фарадей шакли зайл мегирад.

$$m = kQ = kIt \quad (3.3.8)$$

Дар формулаи (3.3.8) коэффисенти  $k$  эквиваленти электрохимиявии модда номида мешавад. Онро бо  $\text{кг/Кл}$  ифода мекунанд.

Эквиваленти электрохимиявӣ ададан ба массаи моддае баробар аст, ки ҳангоми аз электролит гузаштани 1 Кл заряд дар сатҳи электрод чудо мешавад.

Конуни Фарадей дар таърихи инкишофи физика мавқеи муҳим дорад. Қимати заряди электрон бори аввал дар асоси ҳамин қонун муайян карда шуда буд.

Формулаи (3.3.7) заряди иони яқвалента (заряди электрон)-ро нишон медиҳад:

$$e = \frac{MQ}{mN_A z}$$

Аз бузургӣҳое, ки ба формула дохил мешаванд, барои муайян кардани заряди электрон фақат  $m$  ва  $Q$ -ро чен кардан лозим мешавад. **Конуни дуҷони Фарадей.** Эквиваленти электрохимиявии модда ба эквиваленти химиявӣ он мутаносиб аст:  $k = cx$ , ки ин ҷо  $c = \frac{1}{F}$  ва  $x = \frac{A}{z}$  эквиваленти химиявӣ буда,  $F = 96500 \frac{\text{Кл}}{z-эке}$  доими Фарадей,  $A$  - массаи атомӣ,  $z$ -валентнокии атом мебошанд.



### Саволҳои санҷишӣ

1. Оби тоза ҷараёни электрӣкиро намегузаронад. Барои ҷӣ ҳангоми дар вай ҳал намудани намак, туршӣ ва ё ишқор он ба ноқил табдил меёбад?
2. Ҷиро эквиваленти электрохимиявӣ модда меноманд?
3. Эквиваленти электрохимиявӣ модда аз ҷӣ вобаста аст?



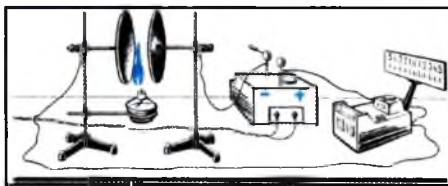
### Машқи 39

1. Валентнокии нуқра  $z=1$  ва массаи молиаш  $M=0,108 \text{ кг/мол}$  аст. Эквиваленти электрохимиявӣ моддаро ҳисоб кунед.
2. Ҳангоми электролизи маҳлули даҳани фаранг (купороси мис  $\text{CuSO}_4$ ) кори 2 кВт. ст иҷро шуд. Агар шиддат дар қутбҳои ҳавзчаи электролитӣ 6 В бошад, миқдори миси ҷудошуда ҷӣ қадар аст?
3. Ҳангоми аз маҳлули кислотаи сулфур дар шароити муқаррарӣ гузаштани ҷараён 0,5 л гидроген чудо мешавад. Агар қувваи ҷараёни занҷир 2А бошад, пас барои ин ҷӣ қадар вақт сарф шудааст?
4. Агар шиддат дар қутбҳои ҳавзчаи гальванӣ 4В бошад, пас ҳангоми электролиз бо 1000 кВт.ст. энергияи электрӣкии сарфшуда ҷӣ қадар мис ҳосил мешавад?
5. Дар 20 дақиқаи кори лабораторӣ ҳангоми 4 А будани қувваи ҷараён дар катод 1,5г мис ҷудо шуд. Аз рӯи маълумоти номбурда эквиваленти электрохимиявӣ мисро муайян кунед.
6. Системаи даврии элементҳои химиявӣ Д.И.Менделеевро истифода бурда, муайян кунед, ки эквиваленти электрохимиявӣ тиллои севалента аз эквиваленти электрохимиявӣ алюминийи севалента чанд бор зиёд аст?

## § 87. Табиати чараёни электрикӣ дар газҳо

Газҳо асосан чараёни электрикиро намегузаронанд. Инро таҷрибаи харрӯза нишон медиҳад, аммо дар шароитҳои муайян газҳо метавонанд ноқилият пайдо кунанд. Барои ба ин бовар кардан таҷрибаи зайл мегузаронем.

Ду лавҳаи филизии бо қабати ҳаво аз ҳам ҷудоро ба манбаи шиддаташ баланд пайваस्त мекунем (расми 205). Ба занҷир инчунин галванометри ҳассоси оинагӣ низ васл шудааст. Аз рӯи мавқеи доғи равшани микроскопи галванометр фаҳмидан мумкин аст, ки дар занҷир чараён нест.



Расми 205

Набудани чараён дар занҷир аз он гувоҳӣ медиҳад, ки дар ҳаво барандагони озоди чараён вучуд надоранд ё худ онҳо бисёр каманд. Ҳамин ки ба ҳавои байни лавҳаҳо шамъро наздик кардем, мавҷудияти чараёнро дар занҷир галванометр нишон медиҳад.

Алангаи оташ сабаби реаксияҳои химиявӣ мегардад, ки дар натиҷа баъзе электронҳои молекула ё атомҳои газ озод мешаванд. Ин равандро **ионизатсия** меноманд. Дар натиҷаи ионизатсия ба ҷои молекулаи нейтралӣ ё атом иони мусбат ё электрон пайдо мешавад.

Алангаи газ қисман ионизатсияшудаест, ки ионҳо ва электронҳои озод дорад. Газ инчунин бо таъсири нурафкании ултрабунафш, рентгенӣ ва радиоактивӣ ҳам ионизатсия мешавад.

Як қисми электронҳо, ки таҳти таъсири ионизатор аз атомҳои газ ҷудо мешаванд, ба атомҳои нейтралӣ ё молекулаҳои газ алоқаманд мешаванд. Сипас боз ионҳое, ки заряди манфии барзиёд доранд пайдо мегарданд. Газ ионизатсияшуда аз ионҳои мусбату манфӣ ва электронҳо иборат мебошад. Зарраҳои зарядноки ба майдони электрикӣ байни лавҳаҳо дохилшуда чараён ба вучуд меоранд. Катионҳо ба тарафи катод ва электронҳо ба тарафи анод мекӯчанд.

Ҳаракати ботартибонаи ин зарядҳои озод таҳти таъсири майдони электрикӣ сабаби дар газ ба амал омадани чараёни электрикӣ мешавад.

Ҳамин тариқ дар газҳои ионизатсияшуда электронҳо ва ионҳои мусбату манфӣ барандагони чараёни электрикӣ ҳисоб мешаванд.

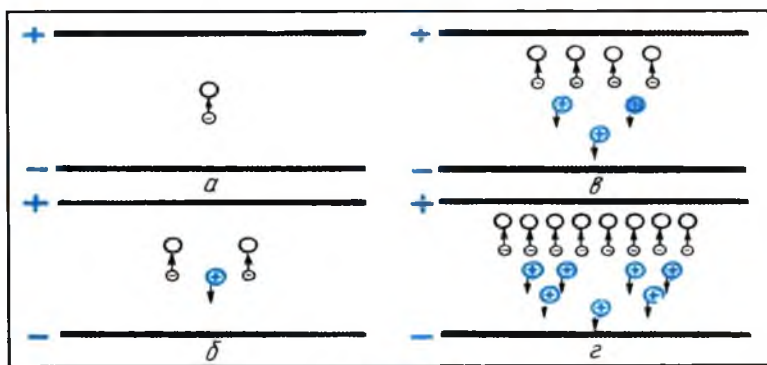
## § 88\*. Тахлияи мустақил

Дар ҳавои моро иҳотакунанда ҳамеша шумораи ками ионҳо ва электронҳое ёфт мешаванд, ки таҳти таъсири нурафкании радиоактивӣ сатҳи Замин, нурафкании ултрабунафши Оғтоб ва нурафканиҳои дигари аз фазои кайҳон ба атмосфера дохилшуда пайдо мешаванд. Вале шумораи ками ин зарраҳои заряднок ноқилияти назарраси ҳаворо таъмин карда наметавонанд. Агар дар фазои байни электродҳо шиддати баланд ба вучуд ояд, ноқилияти ҳаво якбора меафзояд. Инро дар таҷрибаи дид

метавонем. Ҳангоми дар байни электродҳо ҳосилшавии шиддати баланд, шарора пайдо мешавад, ки он аз пайдоиши ҷараён гувоҳӣ медиҳад. Ин маъноӣ онро дорад, ки дар ҳавои байни электродҳо шумораи зиёди зарраҳои зарядноки озод пайдо мешавад.

**Ионизатсия ҳангоми бархӯрӣ.** Зарраҳои зарядноки озоди ҳаво бо таъсири майдони электрикӣ шитоб мегиранд ва ҳангоми ҳаракат бо атомҳои нейтралӣ ва молекулаҳои газ бармехӯранд. То даме, ки шадидияти майдони электрикӣ нисбатан суст аст, энергияи кинетикии зарраҳо хурд аст. Аз ин сабаб бархӯрди онҳо бо атомҳо боиси ионизатсия шуда наметавонад. Вале ҳангоми шадидияти бузургии майдони электрикӣ электронҳо дар байни ду бархӯрди ҳамсоя ба суръати баланд ва энергияи кинетикии барои қандани электрон қифоя соҳиб мешаванд. Дар ин вақт ионизатсияи атом ба амал меояд. Чунин равандро **ионизатсия ҳангоми бархӯрӣ** меноманд.

Албатта, ҳамзамон раванди баръакс - **рекомбинатсия** низ ба амал меояд.



Расми 206

Ҳангоми бархӯрии электрон бо атом (расми 206, а) боз як электрон ва иони мусбат ҳосил мешаванд. Ҳамин тариқ ба ҷои як зарраи заряднок як ион ва ду электрон ба вуҷуд меоянд (расми 206, б). Акнун ҳар ду электрон дар майдони электрикӣ шитоб гирифта, ҳангоми бархӯрӣ бо атомҳо онҳоро ионизатсия мекунанд. Дар натиҷаи ин боз ду ион ва электрон пайдо мешаванд (расми 206, в). Ҳамаи онҳо дар раванди ионизатсия иштирок мекунанд. Ҳангоми бархӯрии ин чор электрон бо чор атом ҳашт электрон ҳосил мешавад (расми 206, г) ва ғ. Ин равандро ба сели барфи аз қӯҳ ғелида шабоҳат дорад, аз ин рӯ онро **тармаи электронӣ ё ионӣ** меноманд.

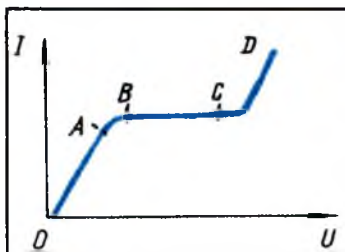
Албатта, на ҳамаи ин электронҳою ионҳо ба электродҳо рафта мерасанд ва дар пайдоиши ҷараён иштирок мекунанд, зеро онҳо ҳангоми бархӯриҳо қисман рекомбинатсия мешаванд. Дар ҳар сурат протсессии ионизатсия назар ба рекомбинатсия бартарӣ пайдо мекунанд. Дар натиҷа, миқдори электронҳою ионҳо ва аз ин рӯ ноқилияти газ яқбора меафзояд.

Дар пайдошавии сел инчунин ионҳои мусбат иштирок мекунад. Онҳо катодно бомбаборон карда, электронҳоро зада мебароранд (эмиссияи электрони дуюм), ки боиси сели нави электронию ионӣ мегарданд. Агар ионҳо аз катод ионҳоро канда намебароварданд, сели зарраҳои зарядноки пайдошуда то электрод рафта мерасид ва тахлияи газ ба анҷом мерасид. Барои пайдоиши ҳар як сел ақаллан як электрон лозим аст. Ин электронҳоро ионҳои мусбат аз катод канда мебароранд. Аз ин сабаб ҳам тахлияи «тармагии» пайдошуда қатъ намегардад. Ҳамин тавр, дар шиддати муайян тахлияи электрикии газ мустақилона давом мекунад.

Тахлияи электрикии газ, ки баъди қатъи таъсири ионизаторҳои беруна давом мекунад, **тахлияи мустақил** номида мешавад, Ҳангоми тахлияи мустақил одатан газ равшанӣ медиҳад.

**Тавсифоти волтамнерии тахлияи газӣ.** Дар газ қувваи ҷараёнро ҳангоми шиддатҳои гуногун чен карда, барои вобастагии қувваи ҷараёну шиддат хати дар расми 207 тасвиршударо ҳосил мекунем. Ин вобастагиро шарҳ медиҳем.

Ионизатор ҳар сония дар фазои байни электродҳо як миқдор электронҳо ва ионҳоро ба вучуд меорад. Электронҳо ионҳо пайваст шуда, ҳамин қадар атомҳои нейтралро ташкил медиҳанд (рекомбинатсия мешаванд). Ҳангоми дар байни электродҳо ба вучуд омадани майдони электрикӣ қисме аз электронҳо ва ионҳо ба электродҳо рафта мерасанд. Бо зиёдшавии шиддат шумораи зарраҳои зарядноки ба электродҳо расида меафзояд. Аз ин сабаб қувваи ҷараён бо афзоиши шиддат мутаносибан меафзояд.



Расми 207

Баъди ба ягон қимат расидани шумораи зарраҳои заряднок суръати афзоиши минбаъдаи ҷараён суст мешавад ва вобастагии мутаносибии пештара вайрон мегардад (қитъаи АВ). Вақте ҳамаи электронҳо ионҳо ба электрод рафта мерасанд, бо вучуди зиёдшавии шиддат афзоиши ҷараён ба амал намеояд (қитъаи ВС).

Ҳангоми афзоиши минбаъдаи шиддат тахлияи мустақил ҳосил мешавад ва қувваи ҷараён якбора меафзояд (қитъаи СД).

Агар ноқилияти газ танҳо аз таъсири ионизатори беруна вобаста бошад, пас тахлияро **ғайримустақил** меноманд.

### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Изолятор будани ҳаво дар шароити муқаррарӣ бо кадом мисолҳо асоснок карда мешавад?
2. Энергияи ионизатсия чист?
3. Чӣ гуна тахлияи газро ғайримустақил меноманд?
4. Тахлияи мустақил чист? Вай дар кадом шароитҳо ҳосил мешавад?

## § 89. Намудҳои гуногуни тахлияи газҳо

**Тахлияи шарорагӣ.** Тахти фишори атмосфера пайдошавии тахлияи мустақил зарраҳои заряднокро дар фазои байни электродҳо нест мекунад. Ин ҳодисаро ҳангоми тахлияи шарорагӣ мушоҳида кардан мумкин аст.

Гази байни электродҳои манбаи шиддаташ паст чун изолятор рафтор мекунад. Вале ҳангоми шаддидияти баланди майдон, барои шумораи ками электронҳои атмосфера кифоя аст, ки сели электронӣ ё ионӣ ҳосил шавад. Ҳангоми ягон қимати шиддат газ хосияти гайринокилии худро гум мекунад ва дар байни электродҳо **шарораи электрикӣ** ҳосил мешавад. Вай шакли хати равшанеро дорад, ки электродҳоро пайваست мекунад.

Барқ шарораи электрикии пуриқтидор аст. Вай дар байни ду абри муқобил заряднок (ё замин у абр) пайдо мешавад. Қувваи ҷараён дар барқ хеле бузург, одатан аз 10000 то 200000 А ва шиддат дар байни абру замин ҳангоми пайдоиши барқ  $10^8$ - $10^9$ В мешавад. Азбаски давомнокии тахлия қариб ҳазоряки сонияро ташкил медиҳад, миқдори электрик дар ин маврид ба ҳисоби миёна ҳамагӣ даҳҳо кулонро ташкил медиҳад.

**Тахлияи камоншакл.** Дар газҳо шакли дигари тахлияи электрикӣ-камони **электрикӣ** вучуд дорад. Онро бори аввал соли 1802 профессори Санкт-Петербург В.В.Петров (1761-1834) ҳосил кардааст.

Ду электроди ангиштии ба манбаи ҷараён пайвасти нӯгҳояшон ба ҳам расидаистодаро охиста аз ҳам дур карда, дидан мумкин аст, ки дар байни онҳо газ равшанӣ медиҳад ва ҳуди онҳо тафсида сурх мешаванд. Тахлияи камоншаклро аз паси шишаи сиёҳ нигоҳ карда мебинем, ки равшаниро бештар нӯги ангиштҳо мебароранд. Равшанидиҳии ҳуди камон (тасмаи ҳамхурдаи равшан), ки дар фосилаи байни нӯгҳои ангишт пайдо мешавад, нисбатан суст аст.

Ҳарорати ангиштҳо хеле баланд аст. Чуқуричаи нӯги ангишти ба сифати анод хизматкунанда нисбатан гармтар аст, ки он **кратер** номида мешавад. Ҳарорати он ҳангоми фишори муқаррари атмосферавӣ то ба  $4000^\circ\text{C}$  мерасад.

Барои ҳосилшавии шарораи камоншакл шиддати начандон баланд 40-50В кифоя аст, вале қувваи ҷараён ба даҳҳо ва ҳатто садҳо ампер мерасад. Ин нишон медиҳад, ки муқовимати газ дар тахлияи камоншакл нисбатан кам аст.

Тахлияи камоншакл аҳамияти зиёди техники дорад. Бори аввал (соли 1876) онро муҳандиси рус П.Н.Яблочков (1847-1894) ба сифати манбаи рӯшноӣ истифода кардааст. Азбаски камон ҳарорати баланд медиҳад, онро барои кафшеркунӣ ва буридани филизот истифода мебаранд. Чунин тарзи кафшеркуниро ихтироъкорони рус Н.И.Бенардос (1842-1905, соли 1882) ва Н.Г.Славянов (1854-1897, соли 1888) пешниҳод намудаанд.

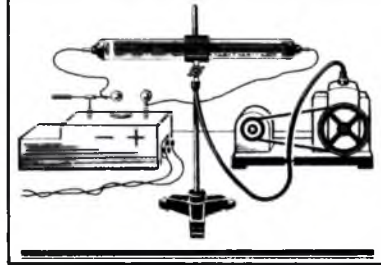
Ҳоло камони электрикиро дар қураҳои барқии саноатӣ барои гудозиши ғулӯд истифода мебаранд. Дар ин қураҳо камонро дар байни ҳуди филизоти гудохташаванда ва электродҳои ангиштӣ ҳосил мекунанд. Қувваи ҷараён дар чунин камон ба ҳазорҳо ампер мерасад.

**Чараёни электрикӣ дар газҳои тунук.** То ҳол ба тахлияи мустақил дар газ ҳангоми фишори атмосферӣ шинос шудем. Барои чунин тахлия шадидияти калони майдони электрикӣ зарур аст (бо истисноии тахлияи камоншакл). Тахлияи мустақил дар газҳои тунук ҳангоми майдони электрикӣ шадидияташ хеле паст ҳам пайдо шуда метавонад.

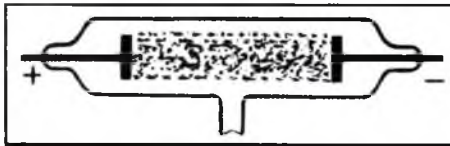
Инро дар таҷрибаи зайл дидадан мумкин аст. Найчаи шишагиро мегирем, ки ду электроди филизӣ дорад (расми 208). Электродҳои онро ба манбаи шиддаташ баланд пайваस्त мекунем. Мебинем, ки ҳангоми фишори атмосферӣ дар занҷир чараён нест, ё он тамоман кам аст. Вале, вақте ки газҳои дохилии найчаро бо насос каша мегирем, дар он тахлия ба амал меояд ва газ равшанӣ медиҳад. Дар газҳои тунукшуда электронҳо бо атомҳо кам бар меҳуранд ва дар фосилаи вақти байни бархӯрихо онҳо дорои энергияи барои ионизатсия кифоя мешаванд. Тавассути электронҳои ионизатсияшавии атомҳо боиси пайдошавии ионҳо ва электронҳои нав мегардад. Дар натиҷа ноқилияти газ меафзояд ва тахлия ҳосил шуда, байни электродҳои найча тасмаи равшанидиханда пайдо мешавад.

Вобаста ба камшавии минбаъдаи фишор сутуни тахлия васеъ гашта, тамоми буриши найчаро фаро мегирад, вале дар назди катод фазои торик пайдо мешавад. Тахлияе, ки ҳангоми фишори паст ҳосил мешавад **тахлияи сӯзон (гарсӯз)** ном гирифтааст.

Ҳангоми фишори якҷанд миллиметри сутуни симоб ду соҳаи асосии тахлияи сӯзон: фазои торикӣ катод ва сутуни равшанидихандаи назди анод (расми 209, аз чап) дида мешаванд. Ранги рӯшноӣ аз табиати газ вобастагӣ дорад.



Расми 208



Расми 209

Равшании ҳангоми тахлияи сӯзон ҳосилшаванда татбиқи амалӣ дорад. Масалан, найчаҳои гуногунранги газдор барои реклама истифода мешаванд. Истифодаи лампаҳои рӯшноии рӯзона низ ба ин ҳодиса асос ёфтааст. Дар онҳо тахлияи

электрикӣ аз ҳисоби атомҳои бӯғи симоб пайдо мешавад. Дар ин маврид нурафкании ультрабунафш ҳосил мешавад. Ин нууро қабати моддаи махсуси сатҳи дохили лампа фуру бурда, равшаниро таъмин месозад. Нурафкании ин модда ба рӯшноии рӯзона наздик аст. Лампаҳои рӯшноии рӯзона назар ба лампаҳои тафсон кори дарозмуддат ва энергияи электрикӣ кам масраф мекунад.

### **Машиқи 40**

1. Барои ҷӣ тахлияи шарорагӣ ҳангоми шиддатҳои чанд ҳазор вольт ба вучуд меояд, вале барои ҳосил кардани қамони электрикӣ ҳамагӣ шиддатҳои 30-40В лозим асту ҳалос. Барои ҳосилкунии тахлияҳои номбурда зарурияти қимати қувваи чараёнро шарҳ диҳед.



## § 90. Плазма

Ғаноиши (концентратсия) зарраҳои зарядноки газ дар шароитҳои муқаррарӣ агар  $10^8 \text{ м}^{-3}$  бошад, ҳангоми тахлияи мустақил он то  $10^{18}$ - $10^{20}$  дар ҳар  $1 \text{ м}^3$  меафзояд, яъне даҳҳо ва садҳо миллиард маротиба зиёд мешавад. Ҳолати ба чунин миқдори зарраҳои заряднок мувофиқбудаи газро **плазма** меноманд.

Плазма дорои хосиятҳои муайян аст. Вай ноқилияти хуби электрикӣ дорад.

Дар гази муқаррарӣ танҳо зарбаҳои чандири зарраҳо ба вучуд меоянд, ки дар натиҷа ҳолатҳои дохилии онҳо бетағйир мемонад. Дар плазма бошад, ғайр аз зарбаҳои чандир зарбаҳои ғайричандир низ ба амал меоянд, ки сабаби равандҳои нав – ионизатсия, ангишиши атомҳо мегарданд, ҳамзамон нурафканӣ ва рекомбинатсияи зарраҳо ба амал меояд.

Ҳарорати плазма ҳангоми тахлияи мустақил дар газ чандон баланд нест (тартиби  $10^3$ - $10^4 \text{ К}$ ). Инро умуман **плазмаи хунук** мегӯянд. Сутуни равшандиҳандаи тахлияи сузон, тахлияи шарорағӣ, тахлияи камоншакл ба плазмаи хунук дохил мешаванд.

**Плазмаи тафсон.** Плазма на танҳо ҳангоми тахлияи электрикӣ газ пайдо мешавад. Барои ионизатсияшавии атомҳо газҳоро то ҳароратҳои хеле баланд гарм кардан лозим аст. Ин ҳароратро ҳисоб кардан мушкил нест. Маълум аст, ки энергияи ионизатсия, масалан, барои атоми гидроген  $W_{\text{и}} = 13,5 \text{ эВ}$  ё ки  $2,16 \cdot 10^{-18} \text{ Ҷ}$  аст.

Ионизатсия вақте ба вучуд меояд, ки энергияи кинетикии атомҳо

$$\left( \frac{m_0 v^2}{2} = \frac{3}{2} kT \right) \text{ аз энергияи ионизатсия калон ё ба он баробар бошад:}$$
$$\frac{3}{2} kT \geq W_{\text{и}}$$

аз ин ҷо

$$\text{ҳосил мешавад. } T \geq \frac{2W_{\text{и}}}{3k} = \frac{2 \cdot 2,16 \cdot 10^{-18} \text{ Ҷ}}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ҷ / К}} \approx 10^5 \text{ К}$$

Плазмае, ки дар чунин ҳароратҳои баланд ҳосил мешавад, **плазмаи тафсон** номида мешавад.

Яъне, гази гидроген дар температураи  $100000 \text{ К}$  ва беш аз он плазмаи тафсон аст.

Ҳар гуна модда дар температураҳои  $10^6$ - $10^7 \text{ К}$  дар ҳолати плазма мешавад. Моддаҳои таркибии ҳамаи ситораҳо ва Офтоб дар ҳолати плазмаанд, зеро ҳарорати қабатҳои дохилии онҳо бештар аз даҳҳо миллион келвин аст. Дар чунин ҳароратҳо газ пурра ионизатсия мешавад. Вай аз ядроҳои атом ва электронҳои аз онҳо ҷудошуда таркиб ёфтааст.

Дар плазмаи тафсон ядроҳо дорои энергияи кинетикии баланде мебошанд, ки қувваҳои теладиҳии онҳоро амалан ба ҳисоб нагирифтани мумкин аст. Дар натиҷаи бархӯрии ядроҳо зарраҳои нав пайдо мешаванд ва энергияи хеле бузург ҷудо мешавад. Ин натиҷаи гузариши реаксияи **синтези термойдрой** аст.

Маълум аст, ки ҳангоми тахлияи газ дар шиддатҳои тартиби  $50000$

В энергияи кинетикии зарраҳо ба чунин ҳароратҳо мувофиқат мекунанд. Пас плазмаи тафсонро тавассути тахлиии газ ба даст овардан мумкин аст. Вале плазмаро дар ҳаҷми муайян нигоҳ доштан, аз муҳити атроф ҷудо кардан мушқил аст. Зарфе, ки ба ин гуна ҳарорати баланд тоб оварда тавонад, ёфт намешавад. Бо ин мақсад майдонҳои магнитоистифода мебаранд, ки ба зарраҳои зарядноки ҳаракаткунанда таъсир карда, масири ҳаракати онҳоро қач мекунад, плазмаро фишурда, онро аз бархӯриҳо ба деворҳои зарф нигоҳ медорад.

Бояд гуфт, ки барои фосилаи тӯлонӣ оӣққорӣ (изолатсия) кардани гармии плазма то ҳол тадбирҳои амалӣ вучуд надоранд. Мушқилоти истифодаи энергияи синтези термойдрой маҳз дар ҳамин аст.

### Машқи 41 (барои ҳалли мустакилона)

1. Саққои массааш  $m = 15\text{г}$ , ки заряди  $q = 10^{-8}\text{Кл}$  дорад, ба ресмони ғайринокӣ овехта шудааст. Саққои дигарро дар масофаи  $32\text{см}$  поёнтар аз он ҷойгир мекунанд. Барои ду баробар зиёд шудани тарангии ресмон қимат ва аломати заряди саққои дуюм чӣ гуна бояд бошад? Барои ду маротиба кам шудани тарангии ресмон чӣ?

2. Зарядҳои  $q_1 = q_2 = 10^{-8}\text{Кл}$ ,  $q_3 = q_4 = -10^{-8}\text{Кл}$  дар қуллаҳои квадрат ҷойгиранд. Тарафи квадрат  $10\text{см}$  аст. Шадиияти майдони электрикиро дар маркази квадрат муайян кунед.

3. Ду заряди нуктагии  $q_1 = 0,66 \cdot 10^{-7}\text{Кл}$  ва  $q_2 = 1,1 \cdot 10^{-5}\text{Кл}$  дар масофаи  $3,3\text{ см}$  дар об ба якдигар бо кадом қувва таъсир мекунанд? Барои бетағйир мондани қувваи таъсири мутақобил дар вакуум ин зарядҳоро нисбат ба якдигар дар кадом масофа бояд ҷойгир намуд? Барои об  $\epsilon = 81$  аст.

4. Агар заряди кураи мусбат заряднокшудаи радиусаш  $r$  ба  $q$  баробар бошад, пас шадиияти майдони онро ёбед. Қимати шадиияти майдонро барои нуктаи  $M$ , ки аз сатҳи кура дар масофаи  $d$  воқеъ аст, ҳисоб намоед.

5. Конденсатори ҳамвор аз ду лавҳаи масоҳати ҳар кадомашон  $200\text{см}^2$  иборат аст. Қимати мутлақи заряд дар лавҳаҳо ба  $2,6 \cdot 10^{-6}\text{Кл}$  баробар аст. Агар масофаи байни лавҳаҳо  $0,5\text{см}$  бошад, шиддати байни онҳоро муайян кунед.

6. Конденсатореро, ки диэлектрики моеъгӣ дорад, баъди заряднокшавиаш аз майбаъ ҷудо кардаанд. Агар моси диэлектрикии конденсатор шорида равад, пас энергияи майдони электрикии он чӣ тавр тағйир меёбад?

7. Конденсатори ҳамворро аз варақҳои тунуки станиол, ки дар байнашон лавҳаҳои абрақӣ гузошта мешаванд, тайёр мекунанд. Агар ғафсии қабатҳои абрақ  $d = 1\text{мм}$  ва нуфузпазирии диэлектрикии

он  $\mathcal{E} = 9$  бошад, барои гунҷоиши  $C = 10^{-6}$  Ф-ро ҳосил кардан чанд варақи станиоли масоҳаташ  $S = 60 \text{ см}^2$  лозим мешавад?

8. Барои муайян кардани ҚЭХ ва муқовимати дохилии манбаи чараён ба нӯғҳои он резистори тағйирёбандаро пайваст карданд. Дар як ҳолати мавқеъгирии дастаки резистор қувваи чараёни занҷир  $J_1 = 1,5$  А, шиддат,  $U_2 = 4,5$  В ва дар ҳолати дигар бошад  $J_2 = 2$  А,  $U_2 = 3$  В буд. ҚЭХ ва муқовимати дохилии манбаъро ёбед.

9. Занҷири электрикӣ аз манбаъ ва резистор иборат аст. Агар резистори муқовиматаш  $R$  бо резистори дигари муқовиматаш ду баробар зиёд иваз карда шавад, қувваи чараёни занҷир чанд маротиба кам мешавад? Муқовимати дохилии манбаъ  $r$  ба  $R$  баробар аст.

10. Батарея аз 8 аккумулятори пайдарпай найвастшуда иборат аст, ки ҚЭХ-и ҳар кадом  $\mathcal{E} = 2$  В ва муқовимати дохилии ҳар яки онҳо  $r = 0,2$  Ом аст. Занҷири беруна аз ду резистори мувозӣ пайвастшудаи муқовиматҳояшон  $R_1 = 4$  Ом ва  $R_2 = 6$  Ом ташкил ёфтааст. Шиддатро дар сикқонакҳои батарея ва қувваи чараёнро дар резистори дуюм ёбед.

11. Чор элемент, ки ҳар кадом ҚЭХ-и  $1,5$  В ва муқовимати дохилии  $0,4$  Ом доранд, мувозӣ пайваст шудаанд. Ба ин батарея ду резисторро пайдарпай пайваст карданд. Муқовимати резисторҳо мувофиқан  $R_1 = 0,9$  Ом ва  $R_2 = 2$  Ом аст. Шиддатро дар резистори якум ва тавоноии резистори дуюмро муайян кунед.

12. Ҳангоми муайян кардани эквиваленти электрохимиявии мис чунин киматҳои бузургихоро ҳосил карданд: вақти чараёнгузаронӣ  $25$  дақ, қувваи чараён  $0,6$  А, массаи катод то гузаронидани таҷриба  $52,41$  г, баъди он  $52,70$  г. Ҳангоми ин таҷриба барои эквиваленти электрохимиявии мис кадом кимат ҳосил гардид?

13. Аноди рӯҳини массааш  $5$  кг дар ҳавзчаи электролитӣ, ки аз он қувваи чараёни  $40$  А мегузарад, ҷойгир карда шудааст. Баъди чӣ қадар вақт аноди мазкур барои рӯпӯшкунии маснуоти филизӣ пурра харҷ мешавад ( $k_{\text{рӯх}} = 0,34 \cdot 10^{-6}$  кг/Кл)?

14. Конденсаторҳои гунҷошашон  $C_1 = 1$  мкФ ва  $C_2 = 2$  мкФ мувофиқан то фарқи потенциалҳояшон ба  $\Delta\varphi_1 = 20$  В ва  $\Delta\varphi_2 = 50$  В расидан заряднок карда шудаанд. Баъди заряднокшавӣ онҳоро мувозӣ (бо кутбҳои ҳамном) пайваст карданд. Фарқи потенциали байни лавҳахоро баъди пайвасти конденсаторҳо муайян кунед.

15. Оё ба шабакае, ки шиддати  $220$  В-ро дорост, ду лампаи тавоноияшон  $P_1 = 40$  Вт ва  $P_2 = 200$  Вт-ро, ки ба шиддати  $127$  В мувофиқанд, пайваст кардан мумкин аст?

16. ҚЭҲ-и батарея 6В, муковиматҳои дохилӣ  $g=0.5$  Ом, беруни  $R=11.5$  Ом бошанд, қувваи ҷараён ва афтиши шиддатро дар китҳои дохилӣ ва берунаи занҷир муайян кунед.

17. Вольтметр, ки ба манбаи ҷараёни ҚЭҲ-аш  $\mathcal{E} = 120\text{В}$  ва муковимати дохилиаш  $g=50$  Ом пайваस्त карда мешавад, шиддати 118В-ро нишон медиҳад. Муковимати вольтметрро муайян кунед.

18. Агар масофаи байни лавҳаҳои конденсатори заряднок 2 маротиба хурд карда шавад, оё энергияи он тағйир меёбад?

19. Ду сакҳои радиус ва массаи якхеладошта дар ҳаво ба ресмонҳо тавре овехта шудаанд, ки ба якдигар мерасанд. Баъди ба ҳар сакко додани заряди  $q=4 \cdot 10^{-7}$  Кл онҳо аз ҳамдигар таҳти кунҷи  $60^\circ$  дур гаштанд. Агар масофа аз нуқтаи овезиш то маркази сакҳо  $\ell = 0.2\text{м}$  бошад, пас массаи онҳоро ёбед.

20. Чор конденсатори гунҷоишашон  $C_1 = 3\text{мкФ}$ ,  $C_2 = 5\text{мкФ}$ ,  $C_3 = 6\text{мкФ}$  ва  $C_4 = 5\text{мкФ}$  ( $C_1$  бо  $C_3$ ,  $C_2$  бо  $C_4$  байни ҳамдигар пайдарпай,  $C_{1,3}$  бо  $C_{2,4}$  мувозӣ) пайваस्त шудаанд. Гунҷоиши батареяи конденсаторҳо ёбед.

## Хулосаҳо аз қисми «Электрик»

### 3.1. Майдони электрикӣ

1. Қувваи таъсири мутақобили ду заряди нуқтагии электрикӣ ба ҳосили зарби бузургии зарядҳо мутаносиби роста буда, ба квадрати масофаи байни онҳо мутаносиби чаппа аст (қонуни Кулон):

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}$$

2. Дар системаи сарбастае, ки бо он додугирифтӣ зарядҳо вучуд надорад, ҳангоми ҳар гуна таъсири мутақобили ҷисмҳо суммаи алгебравии зарядҳои электрикӣ доимӣ мемонад (қонуни бақои заряд).

3. Дар фазои заряди электрикиро ихотақунанда ҳамеша майдони электрикии бо ин заряд алоқаманд вучуд дорад. Мавҷудияти майдон аз вучуд доштани зарядҳои озмоишӣ вобастагӣ надорад. Ба мавҷудияти майдони электрикӣ фақат аз рӯи қувваи ба зарядҳои электрикӣ таъсирқунандаи он баҳо додан мумкин аст.

Шадибияти майдон  $E$  тавсифоти куввагии майдони электрикест. Дар нуктаи додашудаи майдон вай кувваи ба заряди вохидии мусбат таъсиркунандаро ифода мекунад:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Шадибияти майдони умумии ду ё якчанд зарядҳои нуктагӣ аз рӯи суммаи вектори шадибиятҳои зарядҳои алоҳида муайян карда мешавад (принсипи суперпозитсия).

4. Кори кӯчиши заряд дар майдони якҷинсаи электрикӣ аз шакли масири ҳаракат вобастагӣ надошта, танҳо аз мавқеъҳои ибтидоӣ ва интиҳои он вобаста аст.

Нисбати энергияи потенциалии заряди ба майдони электрикӣ воридгашта бар қимати ин заряд ҳамчун тавсифи энергияи майдон-потенциал қабул шудааст.

$$\varphi = \frac{W}{q}$$

5. Шиддати байни ду нукта ба нисбати кори майдон ҳангоми аз нуктаи ибтидоӣ то интиҳои кӯчонидани заряд бар бузургии он баробар аст.

Шадибияти майдони якҷинсаи электрикӣ бо шиддат аз рӯи формулаи  $E = \frac{U}{\Delta d}$  алоқаманд мебошад, ки дар ин ҷо  $U$  шиддати байни ду нуктаи масофаашон  $\Delta d$  ва дар як хати шадибият ҳобида мебошад.

6. Бузургии ро гуногуноши электрикии ноқил меноманд, ки ба нисбати заряди ноқил бар потенциали он  $\left( C = \frac{q}{\varphi} \right)$  баробар аст. Гуногуноши электрикии ноқил аз андоза ва шакли он вобаста аст.

Гуногуноши электрикии конденсатори ҳамвор ба масоҳати қорӣ лавҳаҳо  $S$  ва нуфузпазирии нисбии диэлектрикии модда  $\epsilon$  мутаносиби роста ва ба масофаи байни лавҳаҳо  $d$  мутаносиби чаппа мебошад:

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

7. Энергияи майдони электрикии конденсатори заряднок ба ҳосили зарби гунҷоиши он ва квадрати шиддати байни лавҳаҳо мутаносиби роста аст:

$$W = \frac{1}{2} CU^2$$

Энергияи майдони электрикии конденсаторро инчунин аз рӯи формулаҳои  $W = \frac{1}{2} qU$  ва  $W = \frac{q^2}{2C}$  ҳисоб кардан мумкин аст.

Зичии энергияи майдони электрикӣ ба квадрати шадидияти ин майдон мутаносиби роста аст:

$$w = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2}$$

8. Диэлектрики ба майдони электрикӣ воридшуда кутбнок мешавад ва майдони электрикии зарядҳои поляризагсияшуда ҳамеша нисбат ба майдони беруна самти муқобил дорад, бинобар ҳамин майдони берунаи диэлектрик суст мегардад.

### 3.2. Қонунҳои ҷараёни доимӣ

1. Ҷараёни электрикӣ аз ҳаракати бонизоми зарядҳои электрикӣ иборат аст. Зарядҳои электрикӣ ҳангоми ҳаракат бо атом ва ионҳои ноқил таъсири мутақобил карда, энергияи кинетикии худро гум мекунанд. Аз ин рӯ, барои нигоҳ доштани ҷараён дар занҷир манбаи ҷараён лозим аст. Қутбҳои он (электродҳо) аз ҳисоби кори қувваҳои беруна (ғайриэлектростатикӣ) дар дохили манбаъ то ягон фарқи потенциалҳо заряднок мешаванд.

Ба ҳар як манбаъ аз рӯи ҚЭҶ ва муқовимати дохилиаш баҳо медиҳанд. Нисбати кори қувваҳои берунаро бар қимати зарди мусбат, ки аз қутби манфии манбаъ ба қутби мусбати он мегузарад, ҚЭҶ меноманд.

2. Азбаски кори қувваҳои электростатикӣ аз рӯи роҳи сарбаста ба сифр баробар аст, бинобар ин ҚЭҶ-и манбаъ ададан ба кори қувваҳои беруна ҳангоми кӯчиши зарди воҳидии мусбат баробар аст ва аз рӯи фарқи потенциалҳои байни қутбҳои манбаъ чен карда мешавад.

3. Шиддат дар қитъаи ғайриҷинсаи занҷир ба кори тамоми қувваҳо (электростатикӣ ва беруна) баробар аст:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}$$

4. Қонуни Ом барои чунин китъа шакли зайл мегирад:

$$J = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}}{R}$$

Қувваи ҷараён дар занҷири сарбастаи муқовиматҳои дохилию беруниаш  $r$  ва  $R$  аз рӯи қонуни Ом муайян карда мешавад.

$$J = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

5. Ҳангоми пайвасти пайдарпайи ноқилҳо қувваи ҷараён дар тамоми занҷир якхела аст. Муқовимати пурраи занҷир ба

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

баробар аст. Шиддат дар ноқилҳо бо муқовимати онҳо аз рӯи нисбати

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3} = \dots = \frac{U_n}{R_n}$$

вобастагӣ дорад.

6. Ҳангоми пайвасти мувозии ноқилҳо шиддат дар тамоми ноқилҳо якхела аст:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

Қувваи ҷараён дар гирехҳо ба суммаи қувваи ҷараёни шохаҳо баробар аст:

$$J = J_1 + J_2 + \dots + J_n$$

Муқовимати пурраи занҷири беруна ҳангоми пайвасти

мувозии ноқилҳо аз рӯи ифодаи  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

ҳисоб карда мешавад.

### 3.3. Ҷараёни электрикӣ дар муҳитҳои гуногун

1. Ҷанбаҳои электронҳои озод дар филизот хеле бузург аст. Ноқилияти хуби электрии филизот маҳз бо ҳамин шарҳ дода мешавад.

2. Қувваи ҷараён дар ноқил аз рӯи заряди зарраҳо  $q_0$ , микдор  $n$ , суръати миёнаи ҳаракати ботартибонаи онҳо  $\vec{v}$  ва масоҳати буриши арзии ноқил  $S$  ҳисоб карда мешавад:

$$J = q_0 n \vec{v} S$$

3. Муковимати филизот ба ҳарорати мутлақи онҳо мутаносиб аст. Дар ҳароратҳои ба сифри мутлақ наздик аксари филизот фавқунноқилият пайдо мекунад.

4. Дар табиат нимноқилҳо ном моддаҳои мавҷуданд, ки муковиматашон бо таъсири беруна – гармкунӣ, равшанидиҳӣ, инчунин бо роҳи ба онҳо ҳамроҳкунии дигар найвастагиҳо якбора тағйир меёбад.

Чунин хосияти нимноқилҳо имконият медиҳад, ки онҳоро дар соҳаҳои гуногуни хочагии халқ истифода баранд.

5. Ду шакли ноқилияти нимноқилҳо вучуд доранд: электронӣ ва ҷавфӣ (сӯроҳигӣ).

Бо усули ба нимноқил ҳамроҳкунии пайвастагиҳои дигар, масалан, марғи мушу бор ба германий ё силитсий дар он ноқилияти электронии (навъи  $n$ ) ё ҷавфӣ (навъи  $p$ ) ҳосил мешавад.

Тамоси нимноқилии навъҳои  $p$  ва  $n$  диод ном дошта, ҷараёнро ба як тараф хуб мегузаронад. Чунин хусусияти диод барои рост кардани ҷараёни тағйирёбанда истифода бурда мешавад.

6. Триод-транзистор аз қабати гузариши дукаратаи  $n$ - $p$  иборат аст. Транзисторҳоро дар аксарияти дастгоҳҳои радиотехники истифода мебаранд.

7. Барои дар вакуум ҳосил кардани ҷараёни электрикӣ аз ҳодисаи эмиссияи термоэлектронӣ истифода мебаранд.

Ҷараён аз диоди вакуумӣ дар мавриде мегузарад, ки агар электроди тафсон чун катод ва хунок чун анод хизмат кунанд.

8. Барандагони ҷараён дар электролитҳо-ионҳои мусбат ва манфӣ мебошанд. Онҳо ҳангоми дар об ҳалшавии намакҳо, ишқорҳо ва асосҳо пайдо мешаванд. Электролизи электролитҳо ба қонуни Фарадей итоат мекунад, ки мувофиқи он моддаи дар сатҳи электрод ҷудошуда ба миқдори заряди аз маҳлул гузаранда мутаносиби роста аст:

$$m = \frac{M}{N_A e z} \cdot Q$$

Қонуни Ом на танҳо барои филизот, балки барои электролитҳо низ дуруст аст.

9. Газҳо дар шароитҳои муқаррарӣ ҷараёни электрикиро намегузаронанд. Вале онҳо таҳти таъсири беруна ионизатсия мешаванд ва дар онҳо барандагони озод - электронҳо, ионҳои мусбату манфӣ пайдо мешаванд.

Ионизатсияи газ инчунин ҳангоми бархӯрди электронҳо ба атомҳои нейтралӣ ва молекулаҳо ҳосил мешавад. Дар чунин ионизатсия ҳангоми шиддатҳои баланд низ шумораи барандагони заряд мисли сели электронӣ афзуда, ноқилияти газ якбора зиёд мешавад.



## § 91\*. Ченкунӣ ва ҳисобкунии бузургҳои физикӣ

Ҳангоми иҷро кардани корҳои лабораторӣ ба шумо лозим меояд, ки бузургҳои гуногуни физикӣ: дарозӣ, вақт, масса, ҳарорат ва ғайраро чен ё ҳисоб кунед. Ҳоло бо баъзе қоидаҳои муҳими ченкунии ҳисобкуниҳо шинос мешавем. Ченкунии ягон бузургӣ маънои онро дорад, ки он бо ягон бузургии ҳамчинси дигар, ки ба сифати воҳиди ченкунӣ қабул шудааст, муқоиса карда шавад. Масалан, ченкунии дарозии варақи қоғаз маънои муқоисакунии он бо воҳиди дарозиро (метр, сантиметр) дорад.

Умуман, ченкуниҳо бевосита ва бавосита мешаванд. Ҳангоми ченкунии бевосита қимати адабии бузургӣ бевосита дар натиҷаи ченкунӣ бо ҳамон ченак ё асбоби ченкунӣ муайян карда мешавад. Масалан, бо хаткашаки микроскоп чен кардани дарозӣ ё бо тарозу чен кардани масса ченкуниҳои бевосита мебошанд.

Ҳангоми ченкунии бавосита бошад, қимати адабии бузургӣ дар асоси ченкунии бевоситаи бузургҳои дигар, ки ба бузургии ченшаванда вобастагии муайян доранд, муайян карда мешавад. Чунинчи ҳисоб кардани масоҳати сатҳи варақи қоғаз бо хаткашак, муайян кардани масоҳати буриши арзии сим бо микрометр ва ғайра.

Ҳангоми ченкунии бузургии физикии дилхоҳ дар муайян кардани қимати аслии он ба хатоҳои роҳ дода мешавад.

Фарқи байни қимати аслии бузургии ченшаванда ва қимати тақрибии он, ки дар натиҷаи ченкунӣ ҳосил мешавад, **хатои ченкунӣ** номида мешавад. Сабабҳои зуҳуроти хатоҳои дар он аст, ки асбобҳои ченкунида чандон саҳеҳ ё ҳассос нестанд. Нокифоя ҳассос будани асбобҳои ченкунида ва узвҳои ҳиссиёти мо сабабҳои асосии зуҳуроти хатоҳои мегарданд.

Хатои максималие, ки ҳангоми ченкунӣ содиршавиаш имконпазир аст, **хатои мутлақи ченкунӣ** номида мешавад. Хатои мутлақ тавсифи миқдории саҳеҳии ченкунӣ мебошад, яъне хатои мутлақ ҳар қадар кам бошад, саҳеҳии ченкунӣ ҳамон қадар бештар аст. Барои ченкунии саҳеҳ танҳо ёфтани қимати хатои мутлақ кифоя набуда, балки дониستاني қимати адабии бузургии ченшаванда низ зарур аст.

**Хатои нисбӣ** ба нисбати хатои мутлақ бар қимати тақрибии бузургии ченшаванда баробар аст:

$$\sigma = \frac{\Delta A}{A}$$

Фарз мекунем, ки ҳангоми ченкуниҳои вақт қиматҳои зерин ба қайд гирифта шудаанд:

$$t_1=5,5c; t_2=5,7c; t_3=5,8c; t_4=5,4c; t_5=5,6c$$

Аз ин чо вақти миёна

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5} = \frac{5,5 + 5,7 + 5,8 + 5,4 + 5,6}{5} = \frac{28}{5} = 5,6A$$

мешавад.

Аз рӯи ин маълумот хатоҳои мутлақ чунинанд:

$$\Delta t_1 = |t_1 - t| = |5,5 - 5,6| = 0,1A$$

$$\Delta t_2 = |t_2 - t| = |5,7 - 5,6| = 0,1A$$

$$\Delta t_3 = |t_3 - t| = |5,8 - 5,6| = 0,2A$$

$$\Delta t_4 = |t_4 - t| = |5,4 - 5,6| = 0,2A$$

$$\Delta t_5 = |t_5 - t| = |5,6 - 5,6| = 0$$

Яъне, хатои мутлақи миёна

$$\Delta t = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5}{5} = \frac{0,6}{5} = 0,12c = 0,1c$$

мешавад.

Аз ин маълумот фаҳмида мешавад, ки қимати аслии вақти ҳаракати ҷисм дар интервали

$$t_{\text{н}} = t \pm \Delta t = (5,6 \pm 0,1)c$$

воқеъ аст.

Хатои нисбиро умуман аз рӯи формулаи зерин ҳисоб мекунам:

$$\sigma = \frac{\Delta A}{A} 100\%$$

Барои мисоли боло хатои нисбии миёна ба

$$\sigma = \frac{\Delta t}{t} \cdot 100\% = \frac{0,1 \cdot 100\%}{5,6} = 2\%$$

баробар мешавад.

Ҳангоми ҷамъбаст ва таҳияи натиҷаҳои ҷенкунию ҳисобкуниҳо бештар аз усулҳои баҳисобгирӣ ва яқлуктунии ададҳо истифода мебаранд. Ин амалиётро шумо ҳангоми омӯзиши ҳисобкуниҳои тақрибӣ аз фанни риёзиёт омӯхтаед.

## § 92\*. Нишондоди умумӣ барои иҷрои корҳои лабораторӣ

Кори лабораторӣ ҳамон вақт бомуваффақият иҷро мешавад, ки шумо бо дониши назариявӣ мусаллаҳ бошед. Бинобар ин барои дуруст иҷро кардани кор пеш аз ҳама шуморо лозим аст, ки нишондоди назариявӣ онро аз матни мавзӯи китоб ё кори лабораторӣ бодикқат хонда, азхуд намоед. Танҳо ҳамон вақт аз мазмун ва мақсади кор огоҳ мешавад.

Пеш аз оғози кор шумо бояд бо сохт ва тартиби аз таҷҳизот истифода намудан шинос шавед. Шумо бояд ба ҷобачогузорӣ ва васлкунии қисмҳои асбобҳо диққат диҳед.

Барои ба даст овардани натиҷаҳои саҳеҳ бузургиҳоро байни худ муқоиса намуда, ҷенкуниҳои такрорӣ ва санҷишӣ гузаронидан лозим аст. Дар нишондоди корҳо шумораи ҷенкуниҳои такрорӣ қайд шудаанд. Агар натиҷаҳо байни худ мувофиқ оянд ҷенкуниҳоро қатъ ва дар акси ҳол онҳоро давом дода, сабаби хатоҳоро ошкор бояд кард.

Натиҷаҳои ҷенкуниро дарҳол ба ҷадвали дар матни кор пешкашшуда гузаронидан лозим аст. Навиштаҷот бояд равшану фаҳмо бошад. Баъзе натиҷаҳои ҷенкуниҳои бевосита дар ҷадвал бо хатоҳои мутлақашон навишта мешаванд.

Баъди ҷенкуниҳо қимати миёнаи бузургиҳои номаълумро бо хатоҳои нисбӣ мутлақ ҳисоб мекунад. Ба дурустии натиҷаҳои ҳосилшуда танҳо аз рӯи хатоҳои ҳисобкардашуда баҳо дода мешавад.

Дар корҳои алоҳида хангоми ҷамъбасти натиҷаи ҷенкуниҳо амали сохтани графикҳо талаб карда мешавад. Графикҳо бояд дар қоғази катақдор дар системаи координатии росткунҷа кашида шаванд. Нуқтаҳои координатӣ байни якдигар на аз рӯи хати шикаста, балки бо хати қатъӣ, ки аз худудҳои хатоҳои мутлақ бузургиҳоро ифодакунанда мегузарад, бояд пайваст шаванд.

Нақшаи намунавии ҳисоботи хонанда оид ба иҷрои кори лабораторӣ:

1. Номи кори лабораторӣ.
2. Мақсад аз иҷрои кор.
3. Номгӯи таҷҳизоти истифодашуда.
4. Расм ё схемаи таҷҳизоти корӣ, шарҳи он.
5. Ҷадвали натиҷаҳои ҷенкуниҳо ҳисобкунӣ ё худ тартиби мухтасари ба даст овардани натиҷаҳо (истифодаи формулаҳои зарурӣ).
6. Ҷамъбасти натиҷаҳои ҷенкуни (ҳисобкунии хатоҳо, сохтани графикҳо).
7. Хулоса.
8. Ҷавоб ба саволҳои санҷишӣ.

## КОРҲОИ ЛАБОРАТОРӢ

### 1. Чен кардани шитоби ҷисм ҳангоми ҳаракати собитшитоб

**Тачҳизот:** лентаи ченкунӣ, метроном (умумӣ барои хонандагон), поя (штатив) бо панча ва қаппак, нова, саққо, устувои филизӣ.

#### Нишондод барои иҷрои кор.

1. Метрономро барои дар ҳар дақиқа 120 зарба задан мувофиқ кунед, яъне фосилаи байни ду зарба – 0,5с.

2. Як нӯги новаро ба поя чунон маҳкам кунед, ки лаҳзаҳои сардиҳӣ ва ба монеа (устувои) бархӯрдани саққо бо зарбаҳои метроном мувофиқ анҷом ёбанд.

3. Азбаски гӯши мо дар 1с 10 садои ҷудогонаро фарқ карда метавонад, қабул кунед, ки вақт бо саҳеҳии 0,1с чен карда мешавад.

4. Саққоро аз нова чанд маротиба сар диҳед, аз рӯи маълумоти ҳосилшуда шитоби онро муайян кунед.

Барои ин аз формулаи кӯчиши ҷисм ҳангоми ҳаракати собитшитоб бе суръати аввала истифода баред:

$$S = \frac{at^2}{2} .$$

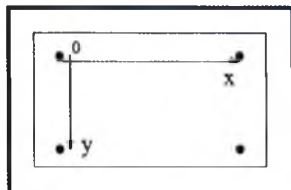
5. Тачрибаро ду-се маротиба такрор намуда, қимати миёнаи шитобро муайян кунед.

#### ❓ Саволҳо барои худсанҷӣ

1. Ҳангоми собитшитоб ҳаракат кардани ҷисм шитоби онро бо кадом асбоб чен мекунанд?

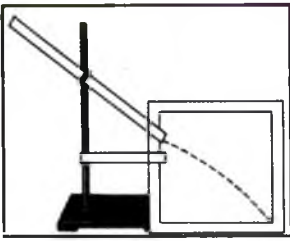
2. Барои чӣ ҳангоми иҷрои кор бо таҷҳизоти номбурда аз формулаи шитоб нею аз формулаи кӯчиш ҳангоми ҳаракати собитшитоб истифода мекунанд?

### 2. Омӯхтани ҳаракати ҷисми уфуқӣ партофташуда



Расми 272

**Тачҳизот:** нова, лентаи ченкунӣ, саққо, вазелин, поя бо панча ва қаппак, қоғаз, кнопкаҳо, қоғази намчинак, секунҷаи ченкунӣ, лавҳаи фанерӣ (ё картон), қалам.



Расми 273

### Нишондод барои иҷрои кор.

1. Варақи қоғазро ба болои ҳамвории фанера гузошта, онро бо кнопкаҳо маҳкам кунед. Дар рӯи варақ бо қалам тирҳои координатавии ОХ ва ОУ-ро кашед (расми 272).

2. Лавҳаи фанеравиرو бо ёрии штатив дар ҳолати моилӣ (расми 273) ҷойгир намоед. Тафтиш кунед, ки нуғи поёни нова

бо ибтидои координата мувофиқат кунад.

3. Аз ягон баландии нова саққоро тавре сар диҳед, ки вай аз поёни варақи қоғаз гузарад. Ҳамон нуқтаи сардиҳиро дар нова ба қайд гиред. Илочи ба фарши синфхона наафтидани саққоро пешгирӣ кунед.

4. Ба саққо вазелин моled ва онро аз нуқтаи муқарраршудаи нова сар диҳед. Сипас, саққоро бо қоғазии намчинак пок кунед.

5. Лавҳаро аз штатив ҷудо кунед. Масири ҳаракати саққоро дар лавҳаи қоғазин бо қалам ишорат кунед.

6. Тири ОХ-ро ба порчаҳои баробар (масалан, 5см) тақсим кунед. Аз нуқтаҳои ҳосилшуда ба хати масир перпендикулярҳо гузаронида, онҳоро бо саҳеҳии то 1см чен кунед.

7. Нисбатҳои  $\frac{y_2}{y_1}$  ва  $\frac{x_2}{x_1}$ ;  $\frac{y_3}{y_1}$  ва  $\frac{x_3}{x_1}$ -ро муқоиса намуда, ба

мутаносибии  $y \sim x^2$  мувофиқат кардани координатаҳои нуқтаҳои масир боварӣ ҳосил кунед.

8. Кунчи моилии лавҳаро тағйир дода, чанд бори дигар тақрибан таҷриба гузаронед.

### ? Саволҳо барои худсанҷӣ

1. Баландии парвози ҷисми уфуқӣ партофташударо чӣ тавр ҳисоб мекунад?

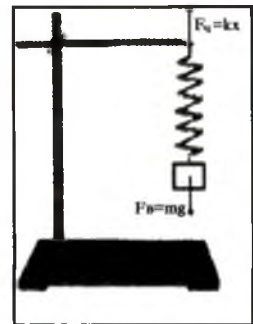
2. Вақти парвози онро чӣ?

3. Дурии парвози онро чӣ?

4. Суръати ба самти уфуқӣ доштаи ҷисмро чӣ тавр ҳисоб мекунад?

### 3. Чен кардани саҳтии пружина

**Таҷҳизот:** маҷмӯи борҳо, ҷадвали миқёси миллиметрдошта, поя бо қаппак ва панҷааш, пружинаи спиралшакл.



Расми 274

### Нишондод барои иҷрои кор.

1. Қувваи вазнинии як, ду, се борро муайян кунед (масалан, массаи як борро  $(0,100 \pm 0,002)$  кг қабул намоед.

2. Таҷҳизоти заруриро истифода бурда, аз рӯи расми 274 дастгоҳи корӣ тартиб диҳед.

3. Ба пружина борро оведед. Аз баробарии

$$F_g = mg = F_{\text{ч}} = kx$$

истифода бурда, сахтии (мазбутӣ) пружинаро муайян кунед.

$$g = (10 \pm 0,2) \text{ м/с}^2$$

4. Ба пружина ду, се борро якбора овехта, сахтии пружинаро аз нав муайян кунед.

5. Аз рӯи қиматҳои ҳосилшуда ба сахтии пружина баҳо диҳед.

6. Графики вобастагии қувваи чандирӣ ва дарозшафии пружинаро созед.

### ? Саволҳо барои худсанҷӣ

1. Қувваи вазнинии чӣ тавр муайян карда мешавад?
2. Қувваи чандирӣ чӣ тавр муайян карда мешавад?
3. Сахтии пружина чӣ гуна ҳисоб карда мешавад?
4. Агар бори ба пружина овехташуда беҳаракат бошад, кадом қувваҳои ба он таъсиркунанда яқдигарро ҷуброн мекунад?

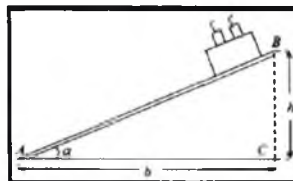
## 4. Чен кардани коэффитсиенти соиши лағжиш

**Таҷҳизот:** трибометри лабораторӣ, маҷмӯи борҳо, поя бо панча ва қаппак, лентаи ченкунӣ, секунҷаи ченкунӣ.

### Нишондод барои иҷрои кор.

1. Исбот кунед, ки ҳангоми мунтазам лағжидани ҷисм дар ҳамвории моил коэффитсиенти соиши лағжиш ба нисбати баландии ҳамворӣ бар асоси он, яъне ба тангенс кунҷи моилии ҳамворӣ нисбат ба уфуқ баробар аст.

2. Ҷӯби чоргарошро бо борҳои ба болои ҳамвории ҷадвал гузored ва яке аз нӯғҳои ҷадвалро то дами ба поён ҳаракати мунтазам кардани ҷуб баланд бардоред (расми 275). Дар ҳамин ҳолат нӯғи баланди ҷадвалро ба панҷаи поя маҳкам кунед. Боварӣ ҳосил намоед, ки ҷӯби чоргарош ба поён мунтазам ҳаракат мекунад.



Расми 275

$h \pm \Delta h, м$	$b \pm \Delta b, м$	$\mu = \frac{h}{b}$	$\delta\mu = \frac{\Delta\mu}{\mu}$	$\Delta h, м$

3. Дарозии асоси ҳамворию моилро бо лента чен кунед  $AC \neq b$ . Хатой мутлақи ченкуниро муайян кунед. Дар ин маврид тақсимоти микёс (шкала) 1см мебошад, яъне  $\Delta b = \pm 1см$ . Натиҷаҳои ченкуниро дар чадвал (чадвали 6) нависед.

4. Баландии ҳамвориро бо чадвали секунҷа чен кунед. Натиҷаҳои ченкуниро дар чадвал нависед. Дар айни ҳол хатой мутлақи ченкунӣ аз  $\Delta h = \pm 1см$  беш нест.

5. Коэффисиенти соишро ёбед

$$\mu = \frac{F_c}{N} = \frac{h}{b}$$

6. Хатой нисбиро барои коэффисиенти соиш ҳисоб кунед.

$$\Delta\mu = \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta b}{b}$$

7. Хатой мутлақро муайян кунед.

8. Тарзи дигари муайян кардани коэффисиенти соишро пешниҳод кунед. Ченкуниҳо гузаронида, натиҷаҳоро муқоиса намоед.



### Саволҳо барои худсанҷӣ

1. Қувваи соишро чӣ тавр муайян мекунанд?
2. Коэффисиенти соиш чист? Вай аз чӣ вобаста аст?
3. Қувваи реаксияи таҷағҷро шарҳ диҳед.
4. Графики вобастагии байни қувваҳои соиш ва реаксияи таҷағҷ чӣ гуна хат мешавад?

## 5. Муайян кардани шитоби афтиши озод бо ёрии раққосаки математикӣ

**Таҷҳизот:** лентаи ченкунӣ, соати акрабаки сониягарддошта, поя бо қаппак ва панҷааш, саққои сӯроҳидошта, ресмон.

### Нишондод барои иҷрои кор.

1. Аз саққо ва ресмон раққосаки математикӣ тайёр кунед, ки дарозияш аз 1м бештар бошад.
2. Пояро дар канори мизи корӣ ҷой дода, ба он раққосақро бандед.

3. Раққосакро ба лаппиш дароред ва аз рӯи адади лаппишҳо  $N$  дар лаҳзаи муайяни вақт  $t$  даври лаппиши он  $T$ -ро муайян намоед.

4. Формулаи даври лаппиши раққосаки математики

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \text{ -ро ба хотир оред.}$$

5. Дарозии раққосак  $\ell$  -ро бо сахтии то 1см чен кунед.

6. Аз формулаи даври лаппиш шитоби афтиши озод  $g$ -ро ёбед. Қимати бузургихоро гузошта, шитобро муайян намоед.

7. Вақт ва адади лаппишҳоро дигар карда, қимати шитоби афтиши озодро такроран ҳисоб кунед.

### ? Саволҳо барои худсанҷӣ

1. Фарқи байни раққосаки муқаррарӣ аз раққосаки математики дар чист?

2. Дар кадом маврид лаппишҳои озоди раққосаки математики лаппишҳои мавзун шуда метавонанд?

3. Раққосаки математикиро дар кучо истифода мебаранд?

4. Ҳангоми ларзишҳои озоди раққосаки математики табдилёбии кадом намудҳои энергия ба вуқӯъ меоянд?

## 6. Санҷиши қонуни бақои импульс

**Таҷҳизот:** лентай ченкунӣ, новаи филизӣ, сакқоҳои массашон яххела – 3 дона, устувонаҳои филизӣ – 2 дона, чадвали пӯлодини андозаҳояш 1,5x10см, поя бо панҷа ва қаппак, ресмон, шамъ.

### Нишондод барои иҷрои кор.

1. Чадвали пӯлодинро аз миёнаҷояш ба панҷаи поя маҳкам кунед.

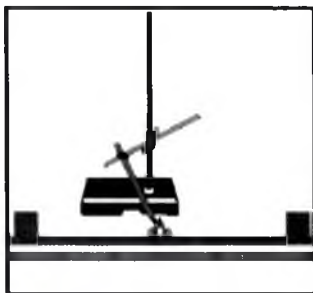
2. Нӯғҳои чадвалро ҳам карда, дар масофаи тақрибан 1см онҳоро бо ресмон бандед.

3. Новаро болои миз гузоред. Уфуқӣ ҷойгиршавии онро бо сакқо санҷед.

4. Аз рӯи расми 276 дастгоҳи корӣ тартиб диҳед.

5. Пояро дар назди нова чунон гузоред, ки чадвали қатшуда дар баландии 1-2см, дар миёнаҷои нова ҷойгир шавад.

6. Ду сакқоро аз ду тарафи чадвал ҷойгир кунед. Устувонаҳоро дар ду нӯғи нова ҷойгир кунед.



Расми 276



7. Ресмонро бо шамъ сӯзонеда ва ба ду самти муқобил суръат гирифтани сакқохоро мушоҳида намоед.

8. Аз руи кӯчиши сакқохо дар вақти муайян ба суръатҳои гирифтаи сакқохо баҳо диҳед. Яъне тағйирёбии импульси сакқохо баробар, самташон муқобил:

$$m_1 \Delta v_1 = m_2 \Delta v_2 .$$

Дигар хел карда гӯем, импульси умумии сакқохо то ва баъди таъсири байниҳамдигарии онҳо доимӣ мемонад.

9. Таҷрибаро бо сакқоҳои массаашон гуногун (аз як тараф як ва аз тарафи дигар ду сакқо) такрор кунед.

10. Оид ба натиҷаи кор хулоса бароред.

### **Супоришхоро дар таҷриба санчида, ҷавобҳо нависед.**

1. Як сакқоро дар қисми мобайни нова ором гузоред. Аз нӯги нова бо дастатон сакқои дигарро тела диҳед. Баъди бархӯрӣ ба суръат ва самти сакқохо баҳо диҳед.

2. Аз як нӯги нова ба як самт ду сакқоро бо суръатҳои гуногун ( $v_2 > v_1$ ) пайи ҳам тела диҳед. Баъди бархӯрӣ ба самт, суръат ва импульсҳои онҳо баҳо диҳед.

3. Ду сакқо якхеларо аз ду тараф ба муқобили якдигар тела диҳед. Ба суръат ва самти ҳаракати онҳо баҳо диҳед.

### **7. Омӯзиши қонуни бақои энергияи механикӣ**

**Таҷҳизот:** динамометри лабораторӣ, ҷадвали миқёси миллиметридошта, бори массааш  $(0,100 \pm 0,002) \text{ кг}$ , поя бо панча ва қаппакаш.

#### **Нишондод барои иҷрои кор.**

1. Формулаҳои зеринро ба хотир биёред:

1) Энергияи потенциалии ҷисми аз сатҳи Замин боло бардошташуда

$$(E_n = mgh)$$

2) Энергияи потенциалии пружинаи тазйиқшуда

$$(E_n = \frac{kx^2}{2})$$

3) Энергияи кинетикии ҷисм

$$(E_k = \frac{mv^2}{2})$$

2. Ба монанди расми 277 дастгоҳи корӣ тартиб диҳед.

3. Борро ба пружина овехта сар диҳед.

4. Энергияи ибтидоии борро бо мавриде муқоиса намоед, ки қувваи вазнинӣ ва қувваи чандирии пружинаи ёзидашуда баробар мешаванд.

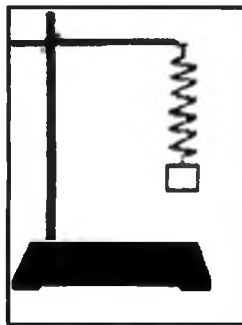
5. Муайян кунед, ки энергияи бор ҳангоми ором овезон будан нисбат ба нуқтаи дар боло ишоратшуда чӣ гуна аст?

6. Энергияи пружинаро дар ҳолати беҳаракат будани бор муайян кунед.

7. Алоқамандии энергияи бор дар ибтидои афтиш ва энергияи пурраи бору пружина ҳангоми ба қувваи вазнинӣ баробар шудани қувваи чандирии пружина нишон дода шавад.

8. Исбот кунед, ки энергияи кинетикии бори афтанда ҳангоми баробаршавии қувваҳои вазнинию чандири ба энергияи потенциали баробар аст.

9. Аз таҷҳизоти дар ихтиёратон буда истифода бурда, исбот кунед, ки камшавии энергияи бори ба пружина овехташуда ба суммаи афзоиши энергияи кинетикии бор ва энергияи потенциалии пружинаи таъйиқшуда дар лаҳзаи аз ҳолати мувозинат гузаштани бор баробар аст.



Расми 277

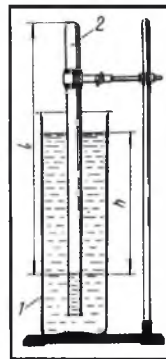
### Саволҳо барои худсанҷӣ

1. Энергияи пурраи механикӣ чист?
2. Таҷрибаеро фаҳмонед, ки табдили энергияҳои потенциалию кинетикӣ (ва баръакс)-ро нишон диҳад.

## 8. Санҷиши таҷрибавии қонуни Бойл-Мариотт

**Таҷҳизот:** устувои шишагии баландиаш 40 см бо обаш; найчаи шишагии дарозиаш 40-50см, ки як нӯғаш маҳкам аст; чадвали ченкунии тақсимои миллиметридишта; барометр-анероид БР-52 (умумӣ, барои синф); пояи универсалӣ.

**Маълумоти муҳтасари назариявӣ.** Қонуни Бойл-Мариоттро бо ёрии таҷҳизоти нисбатан сода, ки дар расми 278 нишон дода шудааст, санҷидан мумкин аст. Агар ба устувои обдори 1 нӯғи кушоди найчаи 2-ро гӯғонем, пас фишори ҳавои дохили он ба суммаи фишорҳои атмосферӣ ва гидростатикӣ сутуни оби баландиаш  $h$  баробар мешавад. Барои сода шудани ҳисобот фишори атмосферӣ ва фишори сутуни обро бо мм.сут.сим.



Расми 278

чен бояд кард. Зичии об аз зичии симоб 13,6 маротиба кам аст, аз ин рӯ, сутуни оби баландиаш  $h$  мм фишори ба  $\frac{h}{13,6}$  мм баландии

сутуни симоб баробарро ба вучуд меоварад. Ҳавои дохили найча зери фишори

$$P = H + \frac{h}{13,6}$$

мешавад, ки ин ҷо  $H$ -фишори атмосферии бо миллиметрҳои сутуни симоб ифодашаванда буда,  $h$ -фарқи сатҳҳои оби устувона (силлиндр) ва найча мебошанд.

Ҳаҷми ҳавои найча  $V = S\ell$  аст, ки ин ҷо  $\ell$  -дарозии сутуни ҳаво,  $S$ -масоҳати буриши арзии сутун мебошанд. Азбаски масоҳати буриши арзии найча (яъне, сутуни ҳаво ҳам) доимӣ аст, пас қимати  $V$ -ро шартан аз  $r$ -и қимати ададии  $\ell$  ёфтан мумкин аст. Вобаста ба тағйирёбии чуқурии ғӯтидашавии найча ҳаҷм ва фишори ҳавои дохили он тағйир меёбад.

### Нишондод барои иҷрои кор

1. Фишори атмосферӣ  $H$ -ро тавассути барометр бо мм.сут.сим чен кунед (ҳавои дохили найча пеш аз ғӯтонидани он ба об зери ҳамин фишор қарор дорад).

**Эзоҳ.** Ҳангоми иҷрои кор найчаи обдорро муҳлати зиёд бо даст дошта наистед, вагарна бо таъсири ҳарорати даст бузургихои ченшаванда тағйир меёбанд.

2. Найчаро бо нӯги кушодаш то чуқурии максималӣ ба об ғӯтонед. Дарозии сутуни ҳавои найча ва фарқи сатҳҳои дохилию берунии обро дар он ва устувона ( $h$ ) чен кунед.

3. Ченкунии  $\ell$  ва  $h$ -ро барои ду чуқурии нисбатан камтари ғӯтидашавии найча такрор кунед.

4. Барои ҳар се таҷриба қимати  $\left(H + \frac{h}{13,6}\right)\ell$ -ро ҳисоб кунед, онҳоро муқоиса намуда, хулоса бароред.

Ҷадвали 7.

№ таҷриба	$H$ , м	$h$ , м	$\ell$ (V), м	$P = \left(H + \frac{h}{13,6}\right)$ , мм.сут.сим.	$\left(H + \frac{h}{13,6}\right)\ell = C$	$\Delta C$	$\sigma = \frac{\Delta c}{c}$
1							
2							
3							

5. Хатоҳои мутлақ  $\Delta c$  ва нисбӣ  $\frac{\Delta c}{c}$ -ро ҳисоб кунед.

6. Натиҷаҳои ченкунӣ ва ҳисобкунихоро дар ҷадвали 7 нависед.

### ❓ Саволҳо барои худсанҷӣ

1. Барои ҷӣ ҳангоми гузаронидани таҷриба найчаро бо даст дер доштан лозим нест?

2. Дар қонуни Бойл-Мариотт доимии  $C$  ҷӣ мазмуни физикӣ дорад?

3. Магар донишҷӯи масоҳати буриши арзии найча дар таҷриба нақши муҳим мебозад?

## 9. Муайян кардани модули чандирии резин

**Таҷҳизот:** тасмаи резинии дарозииаш 20-30 см, ки дар як нӯғаш ҳалқаи симин дорад; динамометри лабораторӣ барои 4 Н; ҷадвали ченкунии тақсимои миллиметridoшта, штангенпаргор.

**Маълумоти мухтасари назариявӣ.** Формулаи қонуни Хукро барои ёзиши ҷисм ба таври зерин навиштан мумкин аст:

$$F = \frac{ES}{\ell} \Delta \ell$$

Пас

$$E = \frac{F \cdot \ell}{S \Delta \ell}$$

мешавад. Ин ҷо  $E$ -модули чандирии (Юнг) моддаест, ки ҷисми таъйиқшаванда аз он сохта шудааст. Бузургиҳои  $F$ ,  $\ell$ ,  $S$  ва  $\Delta \ell$ -ро чен карда, модули чандири  $E$ -ро муайян карда метавонем.

### Нишондод барои иҷрои кор

1. Бо ёрии штангенпаргор бар ва гафсии тасмаи резиниро чен кунед ва масоҳати буриши арзии онро ҳисоб кунед.

2. Нӯғи озоди тасмаи резиниро ба поя маҳкам карда, дарозии онро аз тегаи поёни панҷаи поя то ҳалқа чен кунед.

3. Ҷангаки динамометрро аз ҳалқаи симин гузаронида, резиниро кашида дароз кунед. Қувваи чандириро ҳангоми дарозшавии резина ба 5,10,15,20,30 мм чен кунед.

4. Аз рӯи ин маълумот графика аз қувва вобаста будани ёзиши резинаро соzed.

5. Дар график қитъаи хати ростро ҷудо кунед ва дар ҳудуди он модули чандириро барои се-чор қимати қувва ҳисоб кунед.

6. Қимати миёнаи модули чандириро ҳисоб кунед.

## Ба саволҳо ҷавоб нависед

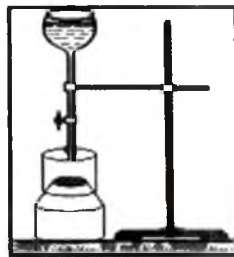
1. Модули чандирӣ чист?
2. Агар барои гузаронидани таҷриба тасмаи резинии масоҳати буриши арзиаш дигар интиҳоб карда шавад, оё қимати модули чандирӣ тағйир меёбад? Агар тасма дарозтар интиҳоб шавад чӣ?
3. Барои чӣ ҳангоми муайян кардани модули чандирӣ қимати қувваро аз китъаи ростхаттаи график интиҳоб кардан беҳтар аст?

## 10. Муайян кардани коэффисиенти кашиши сатҳи моеъ

**Таҷҳизот:** штангенпаргор, фонаи ченкунӣ, тарозу, борҳои тарозу, поя бо панча ва қаппак, колбаи шишагин, истакони химиявӣ (50 мл), киф, ҷумаки шишагин, ки чакрарез дорад, оби муқаттар.

### Нишондод барои иҷрои кор.

1. Таҷҳизоти заруриро истифода бурда аз рӯи расми 279 дастгоҳи корӣ тартиб диҳед.
2. Штангенпаргор ва фонаи ченкуниро истифода бурда, кутри сӯроҳии найчаи чакрарезро муайян намоед.
3. Массай истакони химиявиرو бо саҳеҳии то ҳиссаҳои садякии грамм муайян кунед.
4. Ҷумакро маҳкам карда, аз колба бо киф оби муқаттар резед. Колбаи ба болояш истакон гузошташударо зерӣ найчаи чакрарез гузоред ва ботадрич ҷумакро кушоед то, ки чакраҳо оҳиста-оҳиста резанд (30-40 чакра дар ҳар дақиқа). Дар айни ҳол гуфтан мумкин аст, ки чакраҳо фақат бо таъсири қувваи вазнинӣ пайдо мешаванд.
5. Шумораи муайяни чакраҳоро ҳисоб карда, аз нав истаконро баркашед ва массай обро муайян созад.
6. Қимати бузургҳоро ба формулаи  $d = \frac{Mg}{\pi l D}$  гузошта, коэффисиенти кашиши сатҳро ҳисоб кунед.
7. Массай обро тағйир дода, ҳисоботро аз нав такрор намоед.



Расми 279

### ? Саволҳои барои худсанҷӣ

1. Коэффисиенти кашиши сатҳ аз кутри чакрарез чӣ гуна вобастагӣ дорад?
2. Агар ба ҷои оби муқаттар оби муқаррариро истифода намоем, оё қимати коэффисиенти кашиши сатҳ дигар мешавад?

3. Агар барои ҳосилшавии чакраҳо ба ғайр аз қувваи вазнинӣ боз ягон қувваи дигар (масалан, қувваи фишор) таъсир намояд, магар кимати коэффицент тағйир меёбад?

## 11. Танзими қувваи чараён ва шиддат дар занҷири чараёни доимӣ

**Тачҳизот:** манбаи чараёни доимӣ, амперметр, вольтметр, лампаи электрикӣ, калид, реостат, симҳои васлқунӣ.

### Нишондод барои иҷрои кор.

1. Аз манбаи чараён, лампа, амперметр, реостат, калид ва вольтметр занҷири электрикӣ тартиб диҳед.
2. Схемаи занҷирро дар дафтарадон кашед.
3. Давонаки реостатро дар мавқеи муқовимати зиёдтарин гузошта, занҷирро сарбаста намоед. Қимати қувваи чараён ва шиддатро чен карда, дар дафтарадон нависед.
4. Давонаки реостатро ба тарафи муқобил кӯчонда ба нишондоди амперметр, вольтметр ва равшании лампа диқат диҳед. Нишондоди асбобҳоро дар ҳолатҳои ба кимати миёна наздик ва барои нуғи муқобили реостат қайд кунед.
5. Ҳангоми тағйирёбии муқовимат графикаи вобастагии қувваи чараёну шиддатро дар дафтарадон кашед.

### ❓ Саволҳо барои худсанҷӣ

1. Барои чӣ ҳангоми кӯчиши давонаки реостат нишондоди амперметр ва равшании лампа тағйир меёбанд?
2. Барои чӣ реостатҳоро бо муқовиматҳои ҳархела, барои чараёнҳои гуногун месозанд?
3. Чӣ гуна реостатҳоро медонед?
4. Дар давонаки реостат навиштаҷоти «6В, 2А» сабт шудааст. Ин чӣ маънӣ дорад?

## 12. Пайдарпай ва мувозӣ пайвастунии ноқилҳо

**Тачҳизот:** амперметр, вольтметр, се муқовимати аз сим тайёркардашуда, реостат, калид, батареяи аккумуляторҳо, симҳои васлқунӣ.

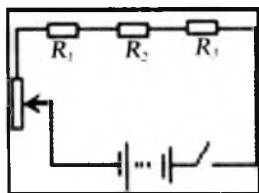
### Нишондод барои иҷрои кор.

1. Аз рӯи расми 280 занҷири электрикӣ тартиб диҳед. Асбобҳои ченқунанда (амперметр ва вольтметр)-ро дар қитъаҳои

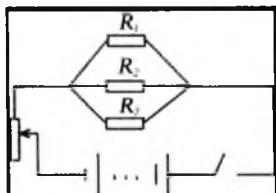
гуногуни занчир пайваст карда, кимати қувваи чараён, шиддат ва муқовиматро муайян кунед.

2. Муқовимати умумии занчирро ҳисоб кунед.

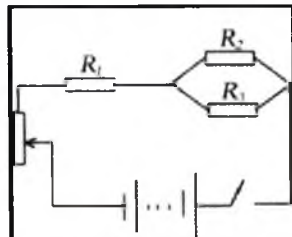
3. Аз рӯи расми 281 занчир тартиб диҳед. Аз нав қувваи чараён, шиддат ва муқовиматро дар китъаҳои занчир муайян созед.



Расми 280



Расми 281



Расми 282

4. Муқовимати умумии занчирро ҳисоб кунед.

5. Аз рӯи расми 282 занчирро нав тартиб диҳед ва муқовимати умумии онро муайян намоед.

6. Аз рӯи маълумоти ҳосилшуда ҷадвали 8-ро пур кунед.

Ҷадвали 8.

Бузургиро	Пайвасти пайдарпай				Пайвасти мувозӣ				Пайвасти омехта			
	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R$
Муқовимати китъаҳо												
Қувваи чараён	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J$	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J$	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J$
Шиддат	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U$	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U$	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U$

### ? Саволҳо барои худсанҷӣ

1. Ҳангоми пайвастуниҳои пайдарпай ва мувозӣ дар занчир чӣ гуна тағйирот ба вуҷуд меояд?

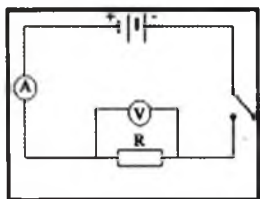
2. Моҳияти амалии ин пайвастуниҳоро шарҳ диҳед.

### 13. Муайян кардани муқовимати хоси ноқил

**Таҷҳизот:** амперметр, вольтметр, ленткаи ченкунӣ, штангенпаргор, батареяи аккумуляторҳо, симҳои аз моддаҳои гуногун сохташуда, ки 65-70 см дарозӣ доранд, калид, симҳои васлкунӣ.

### Нишондод барои иҷрои кор.

1. Дарозии сими озмоишӣ (муқовимати зиёд дошта)-ро бо лентай ченкунӣ муайян кунед. Баъд кутри онро бо штангенпаргор муайян карда, масоҳати буриши арзии онро ҳисоб кунед.



Расми 283

2. Акнун батареяи аккумуляторҳоро ба амперметр, сими озмоишӣ ва калид пайдарпай пайваст намоед. Ба сим вольтметро мувозӣ васл кунед (расми 283).

3. Занчирро сарбаста карда, нишондоди асбобҳоро навишта гиред.

4. Аз рӯи маълумоти ҳосилшуда муқовимати хоси ноқилро ҳисоб кунед.

5. Схекаи занчирӣ мазкурро истифода бурда, муқовимати хоси моддаҳои дигарро муайян кунед. Маълумоти ҳосилкардаатонро дар ҷадвали 9 қайд намоед.

Ҷадвали 9.

№ б/т	U, В	I, А	$l, м$	$S, м^2$	$\rho, Ом \cdot м$
1.					
2.					
3.					

6. Натиҷаи ҳосилшударо бо ҷадвали муқовимати хоси ноқилҳо муқоиса намоед.

7. Хатоҳои мутлақ ва нисбии ченкунӣҳоро ҳисоб кунед.



**Ба саволҳо ҷавоб нависед.**

1. Муқовимати хоси ноқил аз чӣ вобаста аст?
2. Муқовимати электрикӣи ноқил аз масоҳати буриши он чӣ гуна вобастагӣ дорад?
3. Вазифаи ҳар кадом элементҳои занчирӣ истифодакардаатонро нишон диҳед.

### 14. Муайян кардани ҚЭХ ва муқовимати дохилии манбаи чараён

**Таҷҳизот:** манбаи чараён (аккумулятор ё батареяи элементҳо), реостат, амперметр, вольтметр, симҳои васлқунӣ.



### Нишондод барои иҷрои кор.

1. Батарея, реостат, амперметр ва калидро пайдарпай пайваст карда, занҷир тартиб диҳед.
2. Вольтметрро ба қутбҳои батарея пайваст кунед.
3. Қувваи ҷараёнро дар занҷир ва шиддати қутбҳои батареяро чен кунед.
4. Муқовимати занҷирро тавассути реостат тағйир диҳед, қувваи ҷараён ва шиддатро аз нав чен кунед.
5. Занҷирро кушода, ҚЭҲ-и батареяро чен кунед.
6. Натиҷаҳои ченкуниро дар ҷадвали 10 нависед.
7. Қонуни Омро истифода бурда, муқовимати дохилии манбаи ҷараёнро аз рӯи маълумоти ҳар кадоме аз ченкуниҳо муайян кунед. Қимати миёнаи ҚЭҲ ва муқовимати дохилии манбаи ҷараёнро ёбед.
8. Схемаи занҷирро дар дафтарадон кашед.

Ҷадвали 10.

№ б/т	Қувваи ҷараён, А	Шиддат, В	ҚЭҲ, В	Муқовимати дохилии манбаъ, Ом
1.				
2.				
3.				

### ? Ба саволҳо ҷавоб нависед

1. ҚЭҲ-и манбаи ҷараён аз чӣ вобастагӣ дорад?
2. Агар муқовимати дохилии манбаъ кам (ё зиёд) бошад, қувваи ҷараёни занҷир чӣ гуна мешавад?

### 15. Муайян кардани эквиваленти электрохимиявии мис

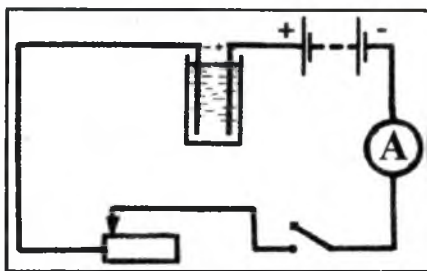
**Тачҳизот:** тарозу бо борҳояш, амперметр, соати акрабаки сониягарддошта, спиртовка ё плиткаи электрикӣ, манбаи ҷараён (12В), реостат, калид, электродҳои дастадори мисин, симҳои васлкунӣ, истакони девораи ғафс барои 0,5л, маҳлули даҳани фаранг.

### Нишондод барои иҷрои кор.

1. Яке аз лавҳаҳои мисинро нишона карда, дар тарозу бо саҳеҳии баланд баркашед, ки он ба сифати катод хизмат мекунад.

2. Ба истакони маълумдор хар ду электродро чой диҳед ва аз рӯи расми 284 занҷири электрикӣ тартиб диҳед.

3. Вақтро ба қайд гиред ва занҷирро сарбаста намоед. Реостатро исғифода бурда, дарҳол дар занҷир қувваи ҷараёни 1,5А-ро ба қайд гиред ва назорат кунед, ки дар тӯли таҷрибагузаронӣ қимати қувваи ҷараён тағйир наёбад.



Расми 284

4. Баъди 10-15 дақиқа ҷараёно қатъ намуда, электроди нишоншударо берун гиред. Ба сатҳи он даст назада, эҳтиёткорона онро бо об шӯед ва хушк кунед.

5. Электродро аз нав дар тарозу баркашида, массаи мис дар сатҳи он ҷудошударо муайян намоед.

6. Бузургии эквиваленти электрoхимиявиرو аз рӯи формулаи  $k = \frac{m}{It}$  ҳисоб кунед.

### **?** Саволҳо барои худсанҷӣ

1. Барои чӣ баъди дар сатҳи электрод ҷудо шудани мис онро хушк мекунамд?

2. Агар дар вақти гузаронидани таҷриба қимати қувваи ҷараён дар занҷир тағйир ёбад, магар натиҷа дигар мешавад?

3. Хатоҳои мутлақ ва нисбии ченкуниро муайян намоед.

## МАШҚУ МАСЪАЛАҲО БАРОИ ТАҚРОР

### Механика

1. Зарурияти интихоби системаи сарҳисобро шарҳ диҳед.
2. Системаи координатӣ чист ва кадом системаҳои координатиро медонед?
3. Вектор чист?
4. Инвариантӣ будани бузургӣ чӣ маъно дорад? Бо мисолҳо бузургҳои инвариантӣ ва гайриинвариантӣро шарҳ диҳед
5. Бузургҳои  $\Delta S / (\Delta t)$ ,  $\Delta m / (\Delta t)$ ,  $\Delta Q / (\Delta t)$  чӣ умумият доранд?
6. Тӯб аз баландии 3 м ба Замин афтоду боз 1 м боло баромад. Роҳи паймуда ва кӯчиши тӯбро ёбед.
7. Чисм аз нуқтаи координатаҳои  $x_1=0$  м;  $y_1=2$  м ба нуқтаи координатаҳои  $x_2=4$  м;  $y_2=-1$  м дошта кӯчид. Нақшае кашида дар он вектори кӯчиш ва проексияҳои онро дар тирҳои координата ёбед.
8. Чархбол рост парвоз карда, 400 км роҳро тай намуд. Баъд таҳти кунҷи  $90^\circ$  гардиш намуда, боз 300 км роҳро тай кард. Роҳи тайнамуда ва кӯчиши чархболро ёбед.
9. Ду поезд ба пешвози ядигар бо суръати 36 км/с ва 54 км/с ҳаракат мекунад. Мусофири дар поезди якум нишаста мушоҳида кард, ки поезди дуюм аз назди вай дар муддати 6 с гузашта рафт. Дарозии поезди дуюмро ёбед.
10. Эскалатори метро мусофири дар он ором истодаро дар як дақиқа боло мебарад. Худи мусофир бошад, аз эскалатори ором дар 3 дақиқа боло мебарояд. Мусофири ҳаракатнок бо эскалатори ҳаракат кардаистода дар чанд вақт боло мебарояд?
11. Қаик дар системаи бо об алоқаманд нисбат ба ҷараёни об перпендикуляр бо суръати 4 м/с шино мекунад. Агар бари дарё 800 м ва суръати ҷараёни об 1 м/с бошад, қаик ба самти ҷараёни об чанд метр дур меравад?
12. Қаики мотордори суръаташ 6 м/с дар системаи сарҳисоби бо об алоқаманд бояд бо роҳи кӯтоҳтарин аз дарё гузарад. Агар суръати ҷараёни дарё 2 м/с бошад, қаик нисбат ба соҳил бояд ба кадом самт ҳаракат кунад?
13. Велосипедрон дар 5 сонияи аввал 40 м, дар 10 сонияи оянда 100 м ва дар 5 сонияи охири 20 м масофаро тай кард. Суръати миёнаро ёбед.
14. Суръати велосипедрон 36 км/с ва суръати боди муҳолиф 4 м/с аст. Суръати бод дар системаи сарҳисобе, ки бо велосипедрон алоқаманд аст, чи қадар мебошад?

15. Агар велосипедрон дорон шитоби  $0,3 \text{ м/с}^2$  ва суръати ибтидоии  $4 \text{ м/с}^2$  бошад, суръати вай пас аз  $20 \text{ с}$  чӣ қадар мешавад?
16. Аз теппаи дарозиаш  $60 \text{ м}$  чана дар  $10 \text{ с}$  лағжида фарояд, шитоби он чанд аст?
17. Суръати тир дар миёнаҷои милтиқ назар ба лаҳзаи тир паридан чанд маротиба хурд аст?
18. Автомобили шитобаш  $0,6 \text{ м/с}^2$   $30 \text{ м}$  масофаро дар чанд вақт мешайомяд?
19. Ҳангоми афтиши озод ҷисми яқум назар ба ҷисми дуюм  $2$  маротиба зиёдтар дар парвоз буд. Қўчиши онҳоро муқоиса кунед.
20. Қўчиши ҷисми озодафтандаро дар сонияи  $n$ -ум ёбед.
21. Суръати қатора пас аз  $10$  сонияи ҳаракат  $0,6 \text{ м/с}$  шуд. Пас аз чанд вақти оғози ҳаракат суръати он  $3 \text{ м/с}$  мешавад?
22. Автомобил бо шитоби  $0,4 \text{ м/с}^2$  ҳаракат карда, дар чанд вақт суръати худро аз  $12$  то  $20 \text{ м/с}$  зиёд мекунад?
23. Вобастагии суръат аз вақти ҳаракати автомобил бо муодилаи  $\bar{g} = 0,8t$  ифода шудааст. Графики суръатро созед ва суръати автомобилро дар охири сонияи панҷум ёбед.
24. Мушак бе суръати ибтидоӣ,  $750 \text{ м}$  масофаро бо шитоби  $60 \text{ м/с}^2$  тай намояд, ба қадом суръат соҳиб мешавад?
25. Автомобили суръаташ  $72 \text{ км/с}$  пас аз  $5$  сонияи тормоздиҳӣ истад, роҳи тормозхўрии он чӣ қадар мешавад?
26. Автомобил бо суръати  $\bar{g}$  ҳаракат мекунад. Системаи сарҳисоберо интиҳоб намоед, ки нисбат ба он суръати автомобил ба сифр баробар бошад.
27. Ҷисм собитшитоб ҳаракат мекунад. Дар сонияи аввал суръати он ба  $1 \text{ м/с}$  тағйир ёфт. Тағйирёбии суръат дар сонияҳои  $2, 3, \dots, n$ -ум чӣ қадар мешавад?
28. Велосипедрон ҳаракатро аз ҳолати оромӣ оғоз менамояд. Вай баъди  $100 \text{ м}$  суръатро ба  $8 \text{ м/с}$  расонд. Ҳаракати велосипедронро собитшитоб ҳисобида, шитоби онро муайян кунед.
29. Саққо баъди аз баландии  $2 \text{ м}$  афтидан ба қадом суръат соҳиб мешавад?
30. Шитоби ҷисмеро ёбед, ки дар ҳамгашти роҳи радиусаш  $800 \text{ м}$ , бо суръати  $20 \text{ м/с}$  ҳаракат мекунад.
31. Автомобили массааш  $2 \text{ т}$  аз ҷояш ба роҳ даромада,  $100 \text{ м}$  масофаро дар  $10 \text{ с}$  тай кард. Қувваи кашишро ёбед.
32. Сахтии пружинаи таҳти таъсири қувваи  $2 \text{ Н}$  ба  $4 \text{ см}$  дарозшударо ёбед.
33. Сахтии порчаи сим к бошад, сахтии нисфи ин сим чанд аст?

34. Радиуси Моҳ 1700 км ва шитоби афтиши озод дар Моҳ  $1,6 \text{ м/с}^2$  бошад, суръати якуми кайҳонӣ барои Моҳ чӣ қадар аст?
35. Ҷисми массааш 100г аз баландии 9м афтада,  $12 \text{ м/с}$  суръат гирифт. Қувваи миёнаи муқовимати ҳаворо ёбед.
36. Радифи маснӯи Замин аз рӯи мадори гирдхатта дар баландии 200км бо суръати  $8 \text{ км/с}$  ҳаракат мекунад. Шитоби марказрави радифро муайян кунед.
37. Радиуси мадори Замин дар гирди Офтоб  $1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$  мебошад. Як сол тақрибан ба  $3,14 \cdot 10^7 \text{ с}$  баробар аст. Аз рӯи ин маълумот массаи Офтобро муайян кунед.
38. Мушакро аз сатҳи Замин таҳти кунҷи  $45^\circ$  нисбат ба уфуқ сар доданд. Барои он ки мушак ба ҳадафи дар масофаи  $\ell$  (аз ҷои сардиҳӣ) дурбуда ва аз сатҳи Замин дар баландии  $h$  воқеъбуда рафта расад, бояд суръати ибтидоии вай чӣ қадар бошад?
39. Борро аз тайёрае партофтанд, ки нисбат ба Замин уфуқӣ мунтазам ҳаракат мекунад. Масири ҳаракати ҷисм дар алоқамандӣ бо ситемаи сарҳисоби тайёра чӣ гуна мешавад?
40. Болға хангоми афтиши озод пешраванда ҳаракат мекунад. Барои чӣ вай тоб намехӯрад?
41. Варақи қоғазӣ саҳтро устуновашакл ширеш кунед. Ба сатҳи дохилии он порчаи пластилинро часпонед. Агар устувонаи мазкурро дар ҳамвории моил хобонед, вай метавонад ба самти боло ҳаракат кунад. Чаро?
42. Лижарон бо шитоби  $0,3 \text{ м/с}^2$  ҳаракат карда, нишебии дарозиаш 100м-ро дар 20 с тай кард. Дар ибтидо ва интиҳои нишебӣ суръати лижарон чанд буд?
43. Қатора дар нишебӣ 340 м масофаро дар 20 с тай намуду суръаташро ба  $19 \text{ м/с}$  расонд. Қатора ба кадом шитоб ҳаракат мекард ва дар ибтидои нишебӣ суръати он чанд буд?
44. Писарбача чанасавор теппаи дарозиаш 40 м-ро дар 10 с тай карда, баъд то таваккуф 20 м китъаи уфукиро гузашт. Суръати писарбачаро дар доманаи кӯҳ, шитобро дар ҳар як китъа, вақти умумии ҳаракат ва суръати миёнаро барои тамоми роҳ ёбед. Графики суръатро кашед.
45. Велосипедрон ҳаракати худро аз ҳолати оромӣ сар карда, 4 сонияи аввал бо шитоби  $1 \text{ м/с}^2$ , баъд  $\bar{t}$  0,1 дақиқа мунтазам ва 20 метри охириро то таваккуф мунтазам сустшаванда ҳаракат кард. Суръатаи миёнаи ҳамаи вақти ҳаракатро ёбед. Графики  $\mathcal{S} = \mathcal{S}(t)$ -ро соzed.

46. Амал накардани принципи нисбият сабаби чигуна натиҷа мешуд?
47. Кадом қувваҳои дар табиат амалкунандаро медонед? Бо мисолҳо шарҳ диҳед.
48. Ҳаракати ҷисм дар сатҳи Замин аз ҳаракати ҷисми дигар чун радифи маснуъ чӣ фарқ дорад?
49. Баъди қатъи барқ ҳам дар қитъаи ростхатаву ҳамвори роҳ троллейбус масофаеро тай карда метавонад. Сабаби ин чист?
50. Сабаби баъди хомӯш кардани муҳаррик аз ҳаракат бозмондани мошинеро шарҳ диҳед, ки дар роҳи рост мунтазам ҳаракат мекард.
51. Саққочае, ки дар найчаи дарозиаш 20 см дар баландии 1.5 м уфуқӣ ҷой гирифта буд, аз таъсири ҳаво парίδα баромада, дар масофаи 2,2 м афтод. Вақти парвози саққоча ва шитоби онро дар найча ёбед. Таҷриба гузаронида, ҳамаи далелҳоро ба роҳи ҷенкуни ёбед ва ба саволҳои масъала ҷавоб гардонед.
52. Писарбача бо суръати 6 м/с аз соҳили баландиаи 5 м ба об ҷаҳид. Модул ва самти суръати ҳаракати писарбачаро ҳангоми ба об расидан ёбед.
53. Тири тӯп нисбат ба уфуқ таҳти кунҷе парίδα баромада, 12 с парвоз кард. Баландии зиёдтарини тири тӯпро ёбед.
54. Баландии болобарой ва дурии парвози мушаки нисбат ба уфуқ таҳти кунҷи  $60^\circ$ , бо суръати 40 м/с сар додашударо ёбед.
55. Вазни кайҳоннаварди массааш 80 кг-ро дар лаҳзаи аз сатҳи Замин бо шитоби  $15 \text{ м/с}^2$  боло парвоз карданаш ёбед.
56. Дар лифт одами массааш 60 кг меистод. Вазни ӯро дар ибтидою интиҳои болобарой ва инчунин дар ибтидою интиҳои поён фаромадан ёбед. Шитоби лифт дар ҳамаи мавридҳо 2 м/с аст.
57. Киштии кайҳонӣ амудан (нисбат ба Моҳ) сустшаванда ҳаракат карда, бо шитоби доимии  $a=8,4 \text{ м/с}^2$  ба сатҳи Моҳ ( $g = 1,6 \text{ м/с}^2$ ) фуруд омад. Кайҳоннаварди дар ин киштӣ нишастаи массааш 70 кг чӣ қадар вазн дорад?
58. Барои он ки мусофири дар автомобил нишаста лаҳзае дар ҳолати бевазний бошад, автомобил аз миёнаҷои кӯпруки барҷастаи радиусааш 40 м бояд бо кадом суръат гузарад?
59. Массаи Зӯҳра  $4,9 \cdot 10^{24}$  кг ва радиуси он 6200 км аст. Суръати якуми кайҳониро барои Зӯҳра ҳисоб кунед.

60. Моҳ дар атрофии Замин бо суръати қариб  $1\text{ км/с}$  гардиш мекунад. Масофаи байни Замину Моҳ ба ҳисоби миёна  $3,4 \cdot 10^6$  км аст. Массай Заминро муайян кунед.
61. Барои он ки радифи маснӯъ дар баландии  $600$  км дуртар аз сатҳи Замин доиравӣ гардиш кунад, суръати вай бояд чанд бошад? Даври гардиши он чанд аст? Радиуси Замин  $6400$  км мебошад.
62. Нисбати қувваи кашиш бар қувваи вазнинии автомобил  $k=0,11$  аст. Ҳангоми  $\mu = 0,06$  будани коэффисиенти муқовимат автомобил бо кадом шитоб ҳаракат мекунад?
63. Пораи чӯб аз баландии  $25$  м дар муддати  $2,5\text{ с}$  афтид. Қувваи миёнаи муқовимати ҳаво кадом ҳиссаи қувваи вазниниро ташкил медиҳад?
64. Дар вақти иҷро кардани кори лабораторӣ маълумотҳои зеринро ҳосил карданд: дарозии ҳамвории нишеб  $1$  м, баландиаш  $20$  см, массаи ғулачӯб  $200\text{ г}$ , қувваи кашиш ҳангоми боло ҳаракат кардани ғулачӯб, ки бо динамометр чен карда шудааст,  $1\text{ Н}$  аст. Коэффисиенти соишро ёбед.
65. Хиштча аз рӯи ҳамвории кунҷи моилиаш  $\alpha = 30^\circ$ , коэффисиенти соишаш  $\mu = 0,2$  бо кадом шитоб ҳаракат мекунад?
66. Роҳи барои пойгаи велосипедронӣ ҷудокардашуда ҳамгаште дорад, ки радиусаш  $40$  м мебошад. Дар ҳамгашт роҳ нисбат ба уфук  $40^\circ$  нишеб аст. Ин нишебӣ ба кадом суръати максималӣ мувофиқат мекунад?
67. Агар коэффисиенти соиши резин бо Замин  $0,4$  бошад, мотосиклон дар ҳамвории уфукӣ бо кадом суръати зиёдтарин ҳаракат карда метавонад? Дар ин ҳолат вай аз мавқеи амудӣ ба чанд градус ҳам мешавад?
68. Радифи маснӯи Моҳ дар масофаи  $1800$  км дуртар аз маркази он воқеъ аст. Радиф бо кадом шитоб ҳаракат мекунад? Массай Моҳ  $7,3 \cdot 10^{22}$  кг, доимии ҷозиба  $6,7 \cdot 10^{-11}$   $\text{Нм}^2/\text{кг}^2$ .
69. Автомобили боркаши массааш  $10\text{ т}$  бо суръати  $10\text{ м/с}$ , автомобили сабукрави массааш  $2,5\text{ т}$  бо суръати  $40\text{ м/с}$  ҳаракат мекунанд. Шарти баробарии импульси автомобилҳоро шарҳ диҳед.
70. Ду аробачаи массашон  $m_1=1\text{ кг}$  ва  $m_2=2$  кг ба истиқболи ҳамдигар бо суръатҳои  $\mathcal{V}_1 = 2\text{ м/с}$  ва  $\mathcal{V}_2 = -1,5\text{ м/с}$  ҳаракат мекунанд. Ҳангоми бархӯрд онҳо якҷоя мешаванд. Суръати аробачаҳо баъди зарбахӯрӣ чӣ қадар мешавад? Самти онҳо чӣ гуна мешавад?

71. Туби массааш 0,4кг-ро бо суръати 20м/с амудан ба боло партофтанд. Энергияи потенциалии тубро дар нуктаи баландтарин масири ҳаракати он муайян кунед. (Муқовимати ҳаворо ба ҳисоб нагиред).
72. Қисми массааш  $m$  аз баландии  $h$  ба афтидан шуруъ мекунад. Энергияи кинетикии қисм дар баландии  $0,2 h$  чӣ қадар мешавад? (Муқовимати ҳаворо ба ҳисоб нагиред).
73. Умумият ва фарқияти микдори ҳаракат ва импульси қувваро шарҳ диҳед.
74. Доир ба зухуроти қонуни бақои импульс мисолҳо биёред.
75. Таъвоноӣ ба қадом бузургии кинематикӣ шабеҳ аст?
76. Ҳар яки шумо шоҳиди зухуроти формулаи  $N = F \cdot g$  ҳастед. Инро бо мисолҳои ҳаётии ҳеш шарҳ диҳед.
77. Дар формулаи энергияи кинетикӣ  $E_k = f(g)$  аст. Нишон диҳед, ки чунин энергия функсияи импульс низ ҳаст.
78. «Қоидаи тиллоии механика» ва амали муодилаи Бернулли умумияте доранд. Ин умумият дар чӣ зоҳир мешавад?
79. Дар нӯғҳои таноби аз гаргараи беҳаракат гузаронидашуда қисмҳои массаашон 240г-ӣ овехта шудаанд. Барои он ки ҳар як қисм дар 4с 160см масофаро тай кунад, бо яке аз ин қисмҳо чӣ қадар борро илова бояд кард?
80. Қувваи натиҷавии се қувваи ҳар яке 200Н-ро ёбед. Қунҷи байни қувваи якум ва дуҷум, дуҷум ва сеҷум баробари  $60^\circ$  аст.
81. Ба тахтаи массааш 10 кг дар масофаи  $\frac{1}{4}$  ҳиссаи дарозиаш тиргак гузоштанд. Барои дар ҳолати мувозинат нигоҳ доштани ин тахта ба нӯғи қўтоҳи он бо чӣ гуна қувва бояд таъсир кард?
82. Нисфи миллаи цилиндршакл аз пўлод ва нисфи дигараш аз алюминий мебошад. Агар тамоми милла 30 см бошад, мавқеи маркази вазнинии онро муайян кунед.
83. Поезди массааш 2000т ростхатта ҳаракат карда, суръаташро аз 36 то 72км/с таъғирёбии импульсро ёбед.
84. Ҳангоми ба баландии 1м бо шитоби  $3\text{м/с}^2$  боло бардоштани қисми массааш 2кг одам чӣ қадар қор иҷро мекунад?
85. Писарбача бо қувваи 100Н бандро кашида, чанаро ба ҳаракат даровард. Банд бо самти уфуқӣ қунҷи  $30^\circ$ -ро ташкил медиҳад. Дар масофаи 50м писарбача чӣ қадар қор иҷро мекунад?
86. Барои амудӣ гузоштани миллаи якҷинсаи дар рӯи Замин ҳобида, ки дарозиаш 2м ва массааш 100г аст, чӣ қадар қор бояд иҷро кард?



87. Таппончаи пружинадори бачагона бо қувваи 20Н фишурда шавад, энергияи потенциалии пружина чӣ қадар аст?
88. Энергияи потенциалӣ ва кинетикии ҷисми массааш 3кг-ро, ки аз баландии 5м то баландии 2 м аз сатҳи Замин озод меафтад ёбед.
89. Сангеро бо суръати 10м/с амудан боло партофтанд. Дар кадом баландӣ энергияи кинетикии он бо энергияи потенциалиаш баробар мешавад?
90. Тавоноии миёнаи фоиданоки тайёро, ки барои корҳои хоҷагии қишлоқ ва хоҷагии ҷубу тахта таъин шудааст, ҳангоми ҷаст ёбед. Массаи тайёра 1т, дарозии хестангоҳ 300м, суръати парвоз 30м/с, коэффисиенти муковимат 0,03 аст.
91. Суръати ҷараёни об дар қисми васеи кубур 10м/с аст. Суръати об дар қисме, ки диаметраш аз қисми васеъ 4 маротиба хурд аст, чигуна мешавад?
92. Агар нӯги наварди якҷинсаро 40см буранд, пас маркази вазнинии он чӣ қадар меҷурад?
93. Суръати ҷисми озодафтандаи массааш 4кг аз 2 то 8м/с афзояд, қори қувваи вазнинӣ чӣ қадар мешавад?
94. Массаи бореро ёбед, ки он дар нӯги пружини саҳтиаш 250Н/м дар 16с 20 лаппиш мекунад.
95. Агар раққосаки дарозиаш 80см дар 3 дақиқа 100 маротиба лаппида бошад, шитоби афтиши озод чӣ қадар мешавад?
96. Агар дар ҳамон як вақт як раққосаки математикӣ 10 ва дигараш 30 маротиба лаппанд, пас нисбати дарозии ин раққосакҳо чӣ қадар аст?
97. Сабаби арзӣ ва тӯлӣ номидани мавҷҳоро шарҳ диҳед.
98. Нишондоди шикасти муҳит ва нишондоди шикасти мутлақро шарҳ диҳед.
99. Ҳангоми 3 маротиба хурдшавии дарозии раққосак ва 2 маротиба зиёдшавии амплитудаи он энергияи механикии пурраи он чанд маротиба тағйир ёфт?
100. Барқ дурахшид. Шахсе овози раъдро баъди 15с шунид. Таҳлилия пайдошуда аз ин шахс чӣ қадар дур буд?
101. Агар ба аргунҷак ба ҷойи як кас ду нафар савор шаванд, магар даври лаппиши он тағйир меёбад?
102. Барои чӣ ҳангоми тафтиши ҷарҳҳои вағони роҳи оҳан онҳоро бо болға мезананд?
103. Агар парвози тайёраи суръаташ баландро мушоҳида намоем, садои муҳаррики онро аз қафояш мешунавем. Ҳодисаро шарҳ диҳед.
104. Дар баландии бештар аз 3000м аз сатҳи Замин ягон садое, ки манбааш дар Замин аст, шунда намешавад. Барои чӣ?

## Физикаи молекулавӣ

1. Оид ба мақоми нуқтаҳои асосии назарияи молекулавӣ-кинетикӣ чӣ гуфта метавонед?
2. Зарурияти ворид кардани мафҳуми гази идеалиро шарҳ диҳед. Фарқияти газҳои идеалӣ ва реалӣ аз чӣ иборат аст?
3. Микёсиҳои ҳарорати Селсий ва Келвин чӣ умумият ва фарқиат доранд?
4. Дар 1 г об чӣ қадар миқдори модда (ба ҳисоби мол) ҳаст?
5. Адади атомҳои  $1\text{ м}^3$  мисро муайян кунед. Массай молии мис  $M=0,063\text{ кг/мол}$ , зичиаш  $\rho = 9000\text{ кг/м}^3$  мебошад.
6. 100 мол симоб кадом ҳаҷмро ишғол мекунад?
7. Дар 1 г гази карбон ( $\text{CO}_2$ ) чӣ қадар молекула вуҷуд дорад?
8. Массасоҳи молии гидрогену гелийро ёбед.
9. Дар қолбаи 162 л ҳаҷмдошта  $3 \cdot 10^{22}$  молекулаи гелий вуҷуд дорад. Фишори газ дар қолба  $10^5\text{ Па}$  аст. Энергияи кинетикии миёнаи ҳар як молекула чанд аст?
10. Ҳангоми 2 маротиба хурд шудани ҳаҷми газ фишор  $120\text{ Па}$  афзуд ва ҳарорати мутлақ  $10\%$  баланд гашт. Фишори ибтидоиро ёбед.
11. Агар зичии ҳаво дар шароити нормалӣ маълум бошад, пас массай молярии он чанд аст?
12. Ҳаҷми газ аз  $V_1=8\text{ л}$  то  $V_2=6\text{ л}$  ба таври изотермӣ фишурда шуда, дар натиҷа фишор ба  $\Delta P = 4\text{ кПа}$  афзуда бошад, фишори ибтидоии газро ёбед.
13. Ҳангоми фишори нормалии атмосферӣ зичии ягон моддаи газмонанд дар температураи  $10^\circ\text{C}$  ба  $265\text{ кг/м}^3$  баробар аст. Массай молии ин моддаро ёбед.
14. Дар шароитҳои якхела зичии метан ( $\text{CH}_4$ ) аз зичии оксиген ( $\text{O}_2$ ) чанд маротиба фарқ мекунад?
15. Газ таҳти фишори  $P=10^5\text{ Па}$  қарор дорад. Вай изоборӣ васеъ шуда, қори  $A=25\text{ Ҷ}$ -ро иҷро намуд. Ҳаҷми газ чӣ қадар афзуд?
16. Барои кадом температура энергияи миёнаи кинетикии ҳаракати пешравандаи молекулаҳои газ ба  $6,21 \cdot 10^{-21}\text{ Ҷ}$  баробар мешавад?
17. Температураи газро ҳангоми фишори  $100\text{ кПа}$  ва  $10^{25}\text{ м}^{-3}$  будани концентратсияи молекулаҳо ёбед.
18. Суръати миёнаи квадратии молекулаҳои гидрогенро дар температураи  $27^\circ\text{C}$  ёбед.
19. Дар кадом температура суръати миёнаи квадратии молекулаҳои нитроген  $830\text{ м/с}$  мешавад?

20. Агар дар вақти 3К гарм кардан ҳаҷми ҳаво нисбат ба аввалааш 1% зиёд шуда бошад, температураи аввалии ҳаво чанд градус будааст?
21. Ҳарорати гази аргон 17<sup>0</sup> аст. Қимати миёнаи энергияи кинетикии атоми аргонро ёбед.
22. Дар шароити нормалӣ ҳаҷми як мол гази идеалӣ чӣ қадар аст?
23. Агар фишор 3 маротиба зиёду ҳаҷми газ 2 бор кам шавад, энергияи дохилии гази идеалии якатома чӣ қадар тағйир меёбад?
24. Чаро  $P = \frac{1}{3}nm\overline{v^2}$  -ро муодилаи асосии назарияи молекулавӣ-кинетикии газҳо меноманд?
25. Параметр чист? Ба ин мафҳум ҳангоми омӯзиши кадом боби физика дучор шудед? Кадом параметрхоро медонед?
26. Доимии универсалии газ (R) чиро ифода мекунад?
27. Механизми ба амал омадани фишори газро шарҳ диҳед.
28. Чаро ҳароратро ченаки энергияи кинетикии молекулаҳо мегӯянд?
29. Ду роҳи тағйирдиҳии энергияи дохилии ҳисро пурратар шарҳ диҳед.
30. Моддаҳои гармигунҷоиши зиёддошта зуд гарм мешаванд ё гармигунҷоиши камдошта?
31. Барои мавриде, ки энергияи механикӣ пурра ба энергияи дохилӣ табдил ёфта тавонад, мисол биёред.
32. Ба калориметре, ки 0,25кг оби температурааш 25<sup>0</sup>С дорад, 10кг буги оби 100<sup>0</sup>С ҳароратдоштаро сар доданд. Агар гармигунҷоиши калориметр 1000Ҷ/кг бошад, дар он ҷо чӣ гуна ҳарорат барқарор мешавад?
33. Ҳангоми ба 60К афзудани температураи газ ҳаҷми он ба 1л афзуд. Агар температура боз 30К афзояд, ҳаҷми он (нисбат ба ҳаҷми пешина) чӣ қадар зиёд мешавад?
34. Ҳангоми таҳти фишори нормалӣ аз T<sub>1</sub>=280К то T<sub>2</sub>=300К зиёд кардани температура аз ҳонаи ҳаҷмаш V=60м<sup>3</sup> чӣ қадар массаи ҳаво хориҷ мешавад?
35. Зарфи обдорро хунук карда истода, оби онро чӣ тавр ҷӯшондан мумкин аст?
36. Ҳангоми ба 10К изоборӣ гарм кардани 320г оксиген чӣ қадар қор иҷро мешавад?
37. Ба истакони ҷойи гармдошта бори аввал қошуқи нукрагин ва дафъаи дуюм қошуқи алюминии ҳамон ҳел ҳаҷмдоштаро гутониданд. Дар кадом маврид ҳарорати ҷойи истакон бештар паст шуд?

38. Ҳангоми изотермӣ васеъшавии газ 20°C кор иҷро шуд. Ба газ чӣ қадар микдори гармӣ дода шуд?
39. Массаяи 500 мол гази карбон чӣ қадар аст?
40. Дар 20 шабонарӯз 200 г оби истакон пурра бухор шуд. Аз сатҳи об ба ҳисоби миёна дар 1 с чӣ қадар молекула парида рафтааст?
41. Гази массааш 6 кг ҳангоми 200 кПа будани фишор 5 м<sup>3</sup> ҳаҷмро ишғол мекунад. Суръати миёнаи квадратии ҳаракати молекулаҳои онро ёбед.
42. Энергияи миёнаи кинетикии молекулаҳои гази якатомаҷро ҳангоми 20 кПа будани фишор ёбед. Концентрацияи молекулаҳои газ барои фишори зикршуда  $3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$  аст.
43. Дар 10 г оксиген чӣ қадар молекула мавҷуд аст?
44. Массаяи молиии нитроген 0,028 кг/мол мебошад. Массаяи молекулаи нитроген чӣ қадар аст?
45. Агар концентрацияи молекулаҳо 3 маротиба афзояд ва суръати миёнаи молекулаҳо 3 бор кам шавад, фишори газ чӣ қадар тағйир меёбад?
46. Дар қолбаи ҳаҷмаш 1,2 л,  $3 \cdot 10^{22}$  молекулаи гелий ҳаст. Фишори гази қолба 10<sup>5</sup> Па мебошад. Энергияи кинетикии миёнаи ҳар як молекула чӣ қадар аст?
47. Ҳангоми аз 7 то 35°C баланд шудани температураи газ энергияи миёнаи кинетикии молекулаҳои ин газ ба чанд фоиз меафзояд?
48. Дар зарфи ҳаҷмаш 10 л гази ҳарораташ 27°C ҷойгир аст. Чӣ қадар аз зарф баромадани газ фишор то 4,2 кПа паст шуд. Аз зарф чанд молекула баромадааст? Температураро бетағйир пиндоред.
49. Агар газ дар температураи 27°C бл ҳаҷмро ишғол карда бошад, дар 77°C чӣ қадар ҳаҷмро ишғол мекунад?
50. Ҳангоми фишори нормалӣ оксигенро то кадом температура бояд гарм кард, то ки зичии он дар шароити нормалӣ ба зичии нитроген баробар шавад?
51. Дар сатҳи Зухра температура ва фишори атмосфера мувофиқан 750 К ва 9120 к Па аст. Атмосфераи ин сайёраро иборат аз гази карбон қабул намуда, зичии атмосфераро дар сатҳи он ёбед.
52. Газ аз ҳаҷми  $V_1=8$  л то ҳаҷми  $V_2=6$  л ба таври изотермӣ фишурда шудааст. Фишор дар ин маврид ба  $\Delta p = 4 \text{ кПа}$  афзуд. Фишори ибтидоӣ  $P_1$  чӣ қадар буд?
53. Ҳангоми 0,2 мПа будани фишор ва 15° С будани температура ҳаҷми газ 5 л буд. Дар шароити нормалӣ чунин массаи газ чӣ қадар ҳаҷмро ишғол мекунад?

54. Найчаи шишагини ҳарду тарафаш кушодаро, ки дарозиаш 60см аст, ба зарфи симобдор ба  $1/3$  хиссаи дарозиаш гутониданд. Баъд нӯги болои найчаро маҳкам карда, онро аз симоб берун карданд. Баландии симоби дар найча мондаро ёбед. Фишори атмосферӣ 76см. сут. сим. аст.
55. Ҳангоми 3,6 маротиба хурд шудани ҳаҷми гази якатома фишори он 20% афзуд. Энергияи дохилии он чанд маротиба тағйир ёфт?
56. Тахти иборай «самти имконпазири табдили энергия» чиро мефаҳмед ва он дар кадом маврид ворид шудааст?
57. Мафҳумҳои «раванди баргарданда» ва «нуқтаи материалӣ» чӣ умумият доранд?
58. Умумият ва фарқияти бузургиҳои «қор» ва «миқдори гармӣ»-ро шарҳи пурра диҳед.
59. Барои чӣ қанд дар оби гарм назар ба оби хунук зудтар ҳал мешавад?
60. Барои чӣ дар бинои хунук одатан намнокӣ зиёд аст?
61. Чаро зимистон дар хонаи серодам шишаҳои тиреза намнок мешаванд?
62. Ҳарду ҳароратсанҷи психрометр ҳарорати яххеларо нишон диҳанд, намнокии нисбии ҳаво чӣ қадар аст?
63. Барои чӣ пеш аз борон нишондоди барометр паст мешавад?
64. Чаро, ки тобистон боришот дар шакли барф нею дар шакли борону жола меборад?
65. Аз чӣ сабаб дар когази равғанолуд бо ранг навишта намешавад?
66. Агар порчай бӯрро ба болои латтапояи намнок гузорем, вай намнок мешавад. Агар латтаи хушкро болои бӯри тар гузорем, вай хушк менамояд. Чаро?
67. Барои чӣ қулҳо назар ба дарёҳо пештар ях мебандад?
68. Барои чӣ оби баҳр дар  $0^{\circ}\text{C}$  ях намебандад?
69. Барои кушодани мурвати зангзада, онро гарм мекунад. Баъди хунуқшавӣ вай бемушкилӣ тоб хӯрда, кушода мешавад. Ҳодисаро шарҳ диҳед.
70. Дар зарфи ҳаҷмаш  $0.03\text{м}^3$  гази ҳарораташ  $455^{\circ}\text{C}$  тахти фишори  $1.35 \cdot 10^6 \text{Па}$  қарор дорад. Ҳамин газ дар шароити муътадил ( $t = 0^{\circ}, P = 101325 \text{Па}$ ) чӣ қадар ҳаҷмро ишғол мекунад?
71. Баландии қуллаи Сомониён дар Помир 7134 м аст. Фишори атмосфера дар ин баландӣ  $3.8 \cdot 10^4 \text{Па}$  мебошад. Зичии ҳаво дар шароити муътадил  $1.29 \text{кг/м}^3$  аст. Зичии ҳаворо дар нӯги қулла барои ҳарорати  $0^{\circ}\text{C}$  муайян кунед.

72. Ҳангоми 2 маротиба афзудани температураи мутлақи гази идеалӣ фишори он 25% афзуд. Дар ин маврид ҳаҷм чанд маротиба тайгир ёфт?
73. Агар 'фишор 3 маротиба зиёду ҳаҷми газ 2 бор кам шавад, энергияи дохилии гази идеалии якатама чӣ қадар тағйир меёбад?
74. Массаи ҳавои хонаи ҳаҷмаш  $6 \times 4 \times 3 \text{ м}^3$ -ро дар температураи  $200^\circ \text{С}$  ва фишори 770 мм. сут. сим. ёбед.
75. Дар вақти ба 3К гарм кардани ҳаво ҳаҷми он нисбат ба аввала 1% зиёд шуд. Ҳарорати аввалаи ҳаво чанд градус буд?
76. Ба зарфе, ки 2,8л об дорад ва ҳарораташ  $200^\circ \text{С}$  аст, як порча пӯлоди то  $4600^\circ \text{С}$  гармкардашудаи массааш 3 кг-ро гӯтониданд. Оби зарф то  $600^\circ \text{С}$  гарм шуда як қисмаш ба буг мубаддал гардид. Массаи оби бугшударо ёбед. Гармигунҷоиши зарфро ба назар нагиред.
77. Агар яке аз китфҳои тарозуи ҳассосро гарм кунем, оё мувозинатии он вайрон мешавад?
78. Дар системаи гармидиҳии обӣ ҳаракати бифосилаи об аз кадом ҳисоб таъмин мегардад?
79. Ба зарфе, ки 1,5кг об дораду температурааш  $15^\circ \text{С}$  аст, 200г буги оби температурааш  $100^\circ \text{С}$ -ро сар доданд. Баъди конденсатсияи буг температураи барқароршударо муайян кунед.
80. Дар печи судаш (ККФ) 50% 2 т ангиштро сӯзонда, чӣ қадар пӯлоди ҳарорати ибтидоиаш  $20^\circ \text{С}$ -ро гудохтан мумкин аст?
81. Ду сакқои пӯлодии якхела аз ҳамон як баландӣ афтиданд. Сакқои якум ба замини мулоим афтид. Сакқои дуюм ба санг зад, ба боло қафо гашт ва онро дар ягон баландӣ дошта гирифтанд. Қадом сакқо бештар гарм шуд?
82. Дар ҳарорати  $100^\circ \text{С}$  зичии буги сери об чӣ қадар аст?
83. Фишори нормалии буги об дар ҳавои температурааш  $19^\circ \text{С}$  ба 11кПа баробар бошад, намии нисбиро ёбед.
84. Дар асоси девори хиштии баландиаш 20м чӣ қадар шиддат ба вучуд меояд? Зичии хишт  $1800 \text{ кг/м}^3$ .
85. Агар термометри намноки психрометр  $10^\circ \text{С}$  ва термометри хушки он  $14^\circ \text{С}$ -ро нишон диҳад, намнокии нисбӣ, фишори нормалӣ ва зичии буги обро ёбед.
86. Ҳангоми ёзидани сими алюминии дарозиааш 2м дар он шиддати механикии 35МПа ба вучуд омад. Дарозшавии нисбӣ ва мутлақи симро ҳисоб кунед.
87. Агар энергияи дохилии гази якатама  $U = 300 \text{ Ҷ}$  бошад ин газ ҳаҷми  $V = 2 \text{ л}$ -ро ишғол намояд, фишори он чанд аст?

88. Барои аз 200кг барфи ҳарораташ  $-10^{\circ}\text{C}$  ҳосил кардани оби ҳарораташ  $20^{\circ}\text{C}$  чӣ қадар ҳезумро дар оташдони ККФ-аш 40% сӯхтан лозим мешавад?
89. Зичии буги сери симоб дар  $20^{\circ}\text{C}$  ба  $0,02 \text{ г/м}^3$  баробар аст. Фишори бугро дар ҳамин ҳарорат ёбед.
90. Дар  $4 \text{ м}^3$  ҳавои ҳарораташ  $16^{\circ}\text{C}$  ба микдори 40г буги об ҳаст. Намнокии нисбиро ёбед.
91. Плуг ба воситаи кашаки пӯлодин ба тарактор қўш шудааст. Шиддати имконпазири маводи кашак  $\sigma = 20 \text{ ГПа}$  мебошад. Агар муқовимати хок ба ҳаракати плуг  $1,6 \cdot 10^5 \text{ Н}$  бошад, буриши арзии кашак чӣ қадар аст?
92. Массайи оби бо найчаи капиллярии диаметраш 0,5мм боло баромадаро ёбед.
93. Барои ба 2мм ёзонидани сими пӯлодини 4м дарозӣ,  $0,5\text{мм}^2$  буришдошта ба нӯғҳои он бо кадом қувва таъсир бояд кард?
94. ККФ-и муҳаррики трактори гавоноияш 110 кВт-ро, ки дар як соат 28 кг сӯзишвории дизелӣ сарф мекунад, ёбед.
95. Дар найчаи капиллярӣ спирт ба баландии 55мм, об бошад ба баландии 146 мм боло баромаданд. Зичии спиртро муайян кунед.
96. Конденсатсияи молекулаҳои буги сери об дар ҳарорати  $20^{\circ}\text{C}$  назар ба ҳарорати  $10^{\circ}\text{C}$  чанд маротиба зиёд аст?
97. Массайи оби дар найчаи капиллярии диаметраш 0,5мм боло баромадаро ёбед.

### Электрик

1. Агар ду заряди якхелаи электрикӣ аз якдигар дар масофаи 6см ҷойгиршуда дар равшан бо қувваи  $0,4\text{мН}$  ба ҳамдигар таъсир кунанд, қимати ҳар кадоми зарядҳо чӣ қадар аст?
2. Дар майдони шадидияташ  $10\text{кВ/м}$  электрон бо кадом шитоб ҳаракат мекунад?
3. Суръати электрон дар майдони электрикӣ аз  $\mathcal{G}_1 = 1 \cdot 10^7 \text{ м/с}$  то  $\mathcal{G}_2 = 3 \cdot 10^7 \text{ м/с}$  зиёд шуд. Фарқи потенциалҳои байни нуқтаҳои аввалу охири кӯчиши электронро ёбед. Нисбати заряди электрон бар массаи он  $e/m = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$  аст.
4. Сабаби шабоҳати зоҳирӣ доштани қонуни ҷозибаи Олам ва қонуни Кулонро чӣ тавр шарҳ додан мумкин аст?
5. Қори майдони электрикӣ дар чӣ зоҳир мешавад?
6. Ибораи «потенциали нуқта адади дилҳо буда метавонад»-ро пурратар шарҳ диҳед.

7. Суръати электрон бо таъсири майдони электрикӣ аз 10 то 30мм/с зиёд гашт. Фарқи потенциалҳои байни нуктаҳои ибтидоӣ ва интиҳои кӯчиши электронро муайян кунед.
8. Ҳангоми конденсатори ҳамвор, ки масоҳати ҳар қадоме аз лавҳаҳои он  $S=0,4\text{м}^2$  мебошад, чӣ қадар аст? Лавҳаҳо бо коғази парафинолуди ( $\epsilon = 2,2$ ) гафсиаш 0,08мм аз якдигар ҷудо карда шудаанд.
9. Ҳангоми аз нуктаи потенциалаш 700 В ба нуктаи потенциалаш 200 В кӯчидани заряди 20нКл майдон чӣ қадар қор иҷро мекунад? Ҳангоми аз нуктаи потенциалаш 100 В то нуктаи потенциалаш 400 В кӯчидан-чӣ?
10. Ҳангоми аз 10 то 20см тағйир ёфтани масофаи байни зарядҳои 25 ва -4нКл энергияи потенциалӣ таъсири мутақобили ин зарядҳо чӣ қадар тағйир меёбад?
11. Агар ҳангоми то шиддати 1,4кВ заряднок кардани конденсатор он 28нКл заряд гирад, ғунҷоишаш чӣ қадар будааст?
12. Шиддати конденсатори ғунҷоишаш 20мкФ-ро 2 маротиба зиёд карданд. Энергияи майдон ба 0,3 Ҷ афзуд. Қиматҳои ибтидоии шиддат ва энергияи майдонро ёбед.
13. Агар қувваи ҷараён 32мкА бошад, дар 1нс аз буриши арзии ноқил чанд электрон мегузарад?
14. Бо сабаби бухоршавию пошхӯрӣ мӯяки лампаи тафсонӣ, то рафт бориктар мешавад. Ин ба тавоноии лампа чӣ гуна таъсир мерасонад?
15. Фаҳмонед, ки чаро ҳангоми пайдарпай пайвастанӣ ду лампаи тавононашон мувофиқан 40 ва 100 Вт лампаи яқум нисбат ба дуҷум равшантар дар мегирад? Иқмқоният бошад, иңро дар таҷриба санҷед.
16. Спирали плиткаи электрикӣ сӯхт ва баъди аз нав пайвастан дарозии он каме кӯтоҳ гашт. Магар ин ба миқдори гармии аз плитка ҷудошаванда таъсир мерасонад?
17. Ҳангоми масоҳати рӯяҳои конденсаторро 2 маротиба ва масофаи байни онҳоро 3 маротиба кам кардан ғунҷоиши он чӣ гуна тағйир меёбад?
18. Бо конденсатори ғунҷоишаш 10мкФ 4мкКл заряд доданд. Энергияи конденсатори заряднокшударо ёбед.
19. Дар ягон нуктаи майдон ба заряди 2нКл қувваи 0,4мкН таъсир мекунад. Шадидияти майдонро дар ин нукта ёбед.
20. Дар нуктае, ки шадидияти майдони электрикиаш ба 2кВ/м баробар аст, ба заряди 12нКл қадом қувва таъсир мекунад?
21. Дар майдони шадибияташ 10кВ/м электрон бо қадом шитоб ҳаракат мекунад?



22. Қувваи таъсири мутақобили электрону ядроро дар атоми гидроген муайян кунед. Масофаи байни онҳоро  $0,5 \cdot 10^{-8}$  см гиред.
23. Барои он ки ҳангоми ба об ғутонидани ду заряди якхела бузургии қувваи таъсири мутақобил барои ҳамон масофаи байни онҳо чун дар ҳаво бошад, қимати ҳар як зарядро чанд маротиба бояд тағйир дод?
24. Барои он ки ҳангоми ба карасин ғутонидани ду заряд бузургии қувваи таъсири мутақобилаи онҳо чун дар ҳаво бимонад, масофаи байни ин зарядҳоро чанд маротиба бояд тағйир дод?
25. Дар масофаи 3см аз заряди 4нКл, ки дар диэлектрики моеъ воқеъ аст, шадидияти майдон 20 кВ/м мебошад. Нуфузпазирии диэлектрик чӣ қадар аст?
26. Шиддати байни ду нуктае, ки дар як хати шадидияти майдони якҷинса ҷойгиранд, 2кВ мебошад. Масофаи байни ин нуктаҳо 10см аст. Шадидияти майдонро ёбед.
27. Дар ду нуктаи майдон, ки зарядҳои нуктагӣ ҷойгиранд шадидият 4 маротиба фарқ мекунад. Дар ин нуктаҳо потенциалҳо чанд маротиба фарқ мекунанд?
28. Масоҳати буриши арзӣ ва дарозии сими мисини муқовиматаш 0,2 Ом ва массааш 0,2 кг-ро муайян кунед. Зичии мис  $8900 \text{ кг/м}^3$  мебошад.
29. Ба галванометри муқовимати дохилааш 600 Ом шунти муқовимати 25 Ом пайваस्त карда шуд. Қимати тақсимоти галванометр чанд маротиба тағйир ёфт?
30. Дар конденсатор чунин навишта шудааст: 100 пФ; 300В. Оё ин конденсаторро барои захира кардани 50нКл заряд истифода бурдан мумкин аст?
31. Ҳангоми 4 маротиба зиёд шудани шиддати конденсатор энергияи он чанд маротиба тағйир меёбад?
32. Агар ноқили лучро дуқат карда тобем, муқовиматаш чанд маротиба тағйир меёбад?
33. Спирали плиткаи электрикӣ баъди таъмир аз пештарааш дида 0,1 ҳисса кӯтоҳ шуд. Тавоноии плитка чӣ гуна тағйир ёфт?
34. Ҳангоми лампаро ба батареяи элементҳои ҚЭХ-аш 4,5В пайваस्त кардан вольтметр шиддати 4В ва амперметр қувваи ҷараёни 0,25А-ро нишон доданд. Муқовимати дохилии батареяро ҳисоб кунед.
35. Тавоноии спирали плиткаи электрикиро доништа, тавассути хаткашак ва штангенпаргор муқовимати ҳоси маводи спиралро чӣ тавр муайян мекунанд?

36. Зичии чараён  $j$  ва суръати электронҳо  $\mathcal{J}$  бошад, зичии заряди дастаи электронҳо чӣ қадар мешавад?
37. Ҳангоми пайвасти параллелии се спирали плитка оби зарф дар 6 дақиқа ҷӯшада бошад, ҳангоми пайвасти пайдарпаи онҳо дар чӣ қадар вақт мечӯшад?
38. Як плитка тавоноии  $N_1$  ва ду плиткаи параллел пайваस्तшуда тавоноии  $N$  дошта бошанд, ҳангоми пайвасти пайдарпаи онҳо тавоноӣ чӣ қадар мешавад?
39. Тавоноии максималии манбаи чараён ба чӣ гуна муқовимат мувофиқ меояд?
40. Оё ба хати барқии шиддаташ 220В потенциометрро, ки дар он: а) 3Ом, 5А; б) 200 Ом, 0,24А навишта шудааст, пайваст кардан мумкин аст?
41. Дар шишаи лапмаи барқӣ 220В, 100Вт навишта шудааст. Барои чен кардани муқовимати мӯяки тафсиш дар ҳолати хунокӣ ба лампа 2В шиддат доданд. Дар айни ҳол қувваи чараён 54мА буд. Ҳарорати тақрибии тафсиши мӯяки волфрамо ёбед.
42. Даҳ лампаи параллел пайваста, ки ҳар кадом муқовимати 0,5кОм доранд ва барои шиддати 120В таъин шудаанд, аз шабакаи 220В ба воситаи реостат энергия мегиранд. Тавоноии чараёни барқ дар реостат чанд аст?
43. Аз ноқили муқовиматаш 2 Ом, ки ба элементи ҚЭХ-аш 1,1В пайваст аст, 0,5А чараён мегузарад. Ҳангоми расиши кӯтоҳи элемент қувваи чараёни он чӣ қадар мешавад?
44. Ҳангоми 30 А будани қувваи чараён тавоноӣ дар қисми берунаи занҷир 180 Вт ва ҳангоми 10 А будан 100 Вт аст. Муқовимати дохилӣ ва ҚЭХ-и манбаи чараёнро ёбед.
45. Лампочкаҳои 60 Вт ва 100 Вт-ро, ки ба 110 В мувофиқанд ба шабакаи 220 В пайдарпай пайваст кардан мумкин аст? Қадоме аз онҳо тӯлонитар кор карда метавонад?
46. Қимати қувваи чараён ҳангоми расиши кӯтоҳи аккумулятори ҚЭХ-аш 12В ва муқовимати дохилиаш 0,01 Ом ба чӣ баробар аст?
47. Ба манбаи ҚЭХ-аш 12В ва муқовимати дохилиаш 1 Ом реостати муқовиматаш 5 Ом-ро пайваст карданд. Қувваи чараёни занҷир ва шиддати манбаъро ёбед.
48. Дар вақти ба батареяи элементҳои ҚЭХ-аш 4,5В пайваст кардани лампа вольтметр шиддати 4В ва амперметр қувваи чараёни 0,25А-ро нишон дод. Муқовимати дохилии батарея чӣ қадар аст?
49. Шунтҳо ба амперметр ва вольтметр чӣ тавр пайваст карда мешаванд? Ҷавобатонро ба воситаи далелҳо асоснок намоед.

50. Аз формулаҳои  $P = J^2 R$  ва  $P = U^2 / R$  дар кадом мавридҳо истифода бурдан ба мақсад мувофиқ аст ва чаро?
51. Бо вольтметри ҳудуди ченкуниаш 150В шиддати шабакаи шахрии 220 В-ро чӣ тавр чен кардан мумкин аст?
52. Талаба ҳангоми ченкунии шиддати лампаи фурузон саҳван ба ҷои вольтметр амперметрро пайваст намуд. Фаҳмонед, ки бузургии ҷараён дар занҷир чӣ гуна тағйир ёфт?
53. Схемаи занҷиреро кашед, ки ҳангоми дар як хона фурузон кардани лампа лампаи хонаи дигар низ фурузон шавад.
54. Ду сими дарозӣ ва буриши арзии яххеладоштаи мисин ва пӯлодин ба занҷир мувозӣ пайваст шудаанд. Дар кадоме аз симҳо дар ҳамон як вақт гармии зиёдтар ҷудо мешавад?
55. Барои чӣ муҳофизаки зудғудоз назар ба китъаҳои дигари занҷир пештар месӯзад?
56. Чиро заряди хоси зарра меноманд?
57. Доир ба электронҳои озод ва гайриозод чӣ медонед?
58. Хусусиятҳои фарқкунандаи ноқилу нимноқилҳо кадомҳоянд?
59. Дар кадом маврид аз термистор истифода мешавад?
60. Аз мавҷудияти ғаш ноқилияти нимноқил чӣ тавр тағйир меёбад?
61. Сабаби тавлиди нури рӯшноӣеро шарҳ диҳед, ки ҳангоми разряди электрикӣ афканда мешавад.
62. Доимии Фарадейро доништа, эквиваленти электрохимиявии калбагии ду ва ҷорвалентаро ёбед.
63. Шиддати ҳавзи электролитӣ мувофиқи меъёри техники 0,4В аст. Барои тоза кардани 1т мис чӣ қадар энергия сарф мешавад?
64. Агар электролиз ҳангоми шиддати 5В ва 75% будани ККФ-и дастгоҳ гузарад, барои дар температураи 25° С ва фишори 100 кПа ҳосил кардани 2,5 л гидроген чӣ қадар энергия сарф мешавад?
65. Ҳангоми никелонидани маснуот дар давоми 2 соат аз электролит ҷараёни қуввааш 25А гузафт. Агар эквиваленти электрохимии никел  $3 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл, зичии он  $8,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> ва масоҳати сатҳи маснуот 0,2 м<sup>2</sup> бошанд, пас қабати никел чӣ қадар ғафс мешавад?
66. Ҳангоми 1,6А будани қувваи ҷараён дар муддати 10 дақиқа дар катода ҳавзи электролитӣ 0,316 г мис нишаст. Эквиваленти электрохимиявии мисро ёбед.
67. Электрон бо кадом суръати хурдтарин аз сатҳи нуқра қанда шуда метавонад?

68. Дар кинескопи телевизион шиддати анодии шитобдиханда 16 кВ ва масофаи байни аноду экран 30 см аст. Ин масофаро электронҳо дар чанд вақт мегузаранд?
69. Масофаи байни катод ва аноди диод 1см аст. Агар шиддати анодӣ 440 В бошад, электрон аз катод ба анод дар чанд вақт меояд?
70. Дар диод электрон ба тарафи анод бо суръати 8 мм/с наздик мешавад. Шиддати анодиро ёбед.
71. Ба нӯгҳои занчире, ки он аз термистор ва резистори муковиматаш 1 кОм-и пайдарпай пайваस्तшуда иборат аст 20 В шиддат доданд. Дар температураи ҳонагӣ қувваи ҷраёни занчир 5 мА аст. Вақте ки термисторро ба оби гарм гутониданд, қувваи ҷраён 10 мА шуд. Дар натиҷаи гармшавӣ муковимати термистор чанд маротиба тағйир ёфт?
72. Магар аз намуди зохирии лавҳаҳои аккумулятори ишқорӣ мусбат ё манфӣ будани онро муайян кардан мумкин аст?
73. Барои лампаи сеэлектродаро чун диод истифода бурдан ҷӣ бояд кард?
74. Маълум аст, ки дар ҳароратҳои наздики сифри мутлақ баъзе филизот ба ҳолати фавқунноқилий мегузаранд. Оё мумкин аст, ки бо роҳи паст кардани ҳарорат фавқунноқили германий ва кремний ҳосил карда шавад?

## ҶАВОБИ МАШҚҲО

**Машқи 1.** 1. Тег нисбат ба маснуоти харротишаванда хати спиралпақтро мекашад, вале нисбат ба дастгоҳ мунтазам ва ростхатта ҳаракат мекунад. 2. Нисбат ба Замин дар ҳаракат, нисбат ба комбайн-ором.

**Машқи 2.** 1. Нисбат ба вагон-амудан ба поён, нисбат ба роҳи оҳан-парабола. 2.  $S=94,2\text{м}$ ,  $\bar{S}=60\text{м}$ . 3. Ба дарозии роҳ.

**Машқи 3.** 1.  $5\text{м/с}$ . 2.  $6\text{км}$ ,  $6\sqrt{2}\text{км}$ .

**Машқи 4.** 1.  $\mathcal{G}=15\text{км/ст}$ . Агар онҳо ба самтҳои муқобил ҳаракат кунанд, пас  $\mathcal{G}=75\text{км/ст}$ . 2.  $t\approx 40\text{с}$ . 3.  $75\text{с}$ ,  $450\text{м}$ . 4.  $200\text{с}$ .

**Машқи 5.** 1.  $\mathcal{G}=64,8\text{ км/ст}$ . 2.  $9\text{с}$ . 3.  $25\text{км/ст}$ . 4.  $1,6\text{с}$ . 6.  $20\text{м/с}$ .

**Машқи 6.** 1.  $0,375\text{ м/с}^2$ . 2.  $12,8\text{ м/с}$ ;  $\approx 102,4\text{м}$ . 3.  $\mathcal{G}_1=0\text{м/с}$ ;  $\mathcal{G}_2=10\text{м/с}$ ;  $\mathcal{G}_3=18\text{м/с}$ ;  $\mathcal{G}_4=14\text{м/с}$ ; баъди  $5\text{с}$ :  $\mathcal{G}_1=10\text{м/с}$ ;  $\mathcal{G}_2=10\text{м/с}$ ;  $\mathcal{G}_3=16\text{м/с}$ ;  $\mathcal{G}_4=18\text{м/с}$ . 4.  $2\text{м/с}$ ;  $7\text{м/с}$ ;  $0,6\text{м/с}^2$ ;  $-0,4\text{м/с}^2$ ;  $5\text{с}$ ; ба як тараф.

**Машқи 7.** 1.  $\approx 7,6\text{км/с}$ ,  $\approx 10^{-3}\text{рад/с}$ . 2.  $2\text{м/с}^2$

**Машқи 8.** 1.  $2,5\text{Н}$ . 2.  $0,5\text{м/с}^2$ . 3.  $280\text{м/с}$ .

**Машқи 9.** 1.  $4\text{м/с}^2$ . 2.  $3,5\text{км/с}$ . 3.  $\approx 4100\text{км}$ . 4.  $22,7\text{дак}$ . 5.  $7,1\text{км/с}$ .

**Машқи 10.** 1.  $11200\text{Н}$ . 2. Не, қувваи тарангии ресмон  $90\text{Н}$  мешавад. 3.  $\approx 2,67\cdot 10^{-2}\text{Н}$ . 4. Азбаски массаи Замин назар ба массаи ҷисмҳои гирду атрофи мо калон аст, фақат қувваи ҷозибаи байни Замину ҷисмҳо ба назар мерасад. 5.  $5,1\text{кг}$ . 6.  $21\text{Н}$ . 7.  $22,5\text{см}$ . 8.  $4900\text{Н}$ ,  $10\text{м}$ . 10.  $117\text{кН}$ . 11.  $66\text{кН}$ . 12.  $5\text{с}$ .

**Машқи 11.** 1. 2 ва 30 не. 2.  $10\text{см}$  дуртар аз тарафи бори калон.

**Машқи 12.** 1. Дар ҳар шабонарӯз 2 дақиқаю 36 сония қафо мекӯнад. 2.

$$T = \frac{\pi \mathcal{G}}{g \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad v = \frac{g \sin \frac{\alpha}{2}}{\pi \mathcal{G}}$$

**Машқи 13.** 1.  $30^\circ$ . 2.  $435\text{м}$ .

**Машқи 14.** 1.  $\mathcal{G} \approx 0,85\text{м/с}$ , ароба бо варзишгар ба самти ҳаракати варзишгар ҳаракат мекунад. 2.  $1040\text{м/с}$ .

**Машқи 15.** 1.  $332,5\text{кВт}$ . 2.  $19,6\cdot 10^6\text{Ҷ}$ . 3. Ҳа. 4.  $4\text{м}$ . 5.  $200\text{кҶ}$ . 6.  $800\text{м/с}$ . 7.  $160\text{Н}$ . 8.  $3,75\text{Ҷ}$ . 9.  $12,5\text{Ҷ}$ . 10.  $45\text{м}$ . 11.  $6,6\text{м}$ . 12.  $16\text{Ҷ}$ .

**Машқи 16.** 1.  $46\text{с}$ . 2.  $\approx 3\text{с}$ . 3.  $5,6\text{кН}$ . 4.  $10^6\text{м/с}^2$ . 5.  $50\text{с}$ . 6.  $780\text{Н}$ . 7.  $1200\text{Н}$ . 8.  $2,5\text{с}$ . 9.  $\approx 7,33\text{км/с}$ . 10.  $0,2\text{м/с}$ . 11.  $\approx 1,57\text{м/с}$ . 12.  $-0,32\text{Ҷ}$ . 13.

500т. 14.  $\approx 6,3 \text{ км/с}$ . 15.  $10^5 \text{ кВт}$ . 16.  $-240 \text{ м}^{\circ}\text{С}$ . 17.  $5^{\circ}\text{С}$ . 18.  $1^{\circ}\text{С}$ . 19.  $3,5 \cdot 10^7 \text{ м}^3$ .  
20.  $2,56 \text{ Н}$ . 21.  $\frac{1}{4}$  (ё 4). 22.  $20 \text{ м/с}$ .

**Машки 17.** 1. 32; 16; 34. 2.  $5,3 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ ;  $2,65 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ ;  $5,6 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ . 3.  $2,1 \cdot 10^5$  4. 2,5 мол. 5.  $32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/мол}$ ,  $16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/мол}$ ;  $34 \cdot 10^{-3} \text{ кг/мол}$ .

**Машки 18.** 1.  $2,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$ . 2.  $\approx 9,8 \text{ кг}$ , 3.  $1,5 \text{ кг}$ ,  $125 \text{ кг/м}^3$ .

**Машки 19.** 1.  $2,56 \cdot 10^3 \text{ Па}$  меафзояд. 2. Ҳангоми баланд шудани ҳарорат фишори дохилии баллон меафзояд ва хавфи таркиши он пайдо мегардад. 3. 2,24л. 4. Ҳаҷм меафзояд.

**Машки 20.** 1. Боз  $64 \text{ кг}$  обро иловагӣ буг бояд кард. 2. 22%. 3. То  $4^{\circ}\text{С}$ . 4. Ҳавои бинои дуюм 2 маротиба буги бештар дорад. 5. Халал мерасонад, чунки дар ҳарорати  $11^{\circ}\text{С}$  шабнам мерезад.

**Машки 21.** 1. Барои об. 2.  $7,8 \cdot 10^2 \text{ Н/м}$ .

**Машки 22.** 1. Ҳа. Сатҳи об ҳангоми хунукшавӣ баланд мешавад. 2.  $2,2 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$ . 3.  $\approx 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ .

**Машки 23.** 1. Ҳангоми сахтшавии бетон арматура кашида мешавад. Бетон фишурда шуда шиддати он меафзояд. 2.  $2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$

**Машки 24.** 1. 3. 2.  $1,5 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$

**Машки 25.** 1.  $2,4 \cdot 10^8 \text{ }^{\circ}\text{С}$ . 2.  $\approx 3 \cdot 10^7 \text{ }^{\circ}\text{С}$ .

**Машки 26.** 1.  $7,3 \cdot 10^3 \text{ }^{\circ}\text{С}$ .

**Машки 27.** 1. 67%. 2. Қисми кори ро бо хунуккунак ба ҳолати аввала баргардонидан мумкин нест. 3. Ин энергияро бо рохи гарминақлкунӣ барои гарм кардани қисмҳои бештар хунук истифода кардан мумкин аст.

**Машки 28.** 1. 0,65. 2.  $6,4 \cdot 10^6 \text{ }^{\circ}\text{С}$ .

**Машки 29.** 1.  $5,4 \cdot 10^3 \text{ Па}$ . 2.  $2,4 \cdot 10^{25} \text{ м}^3$  3.  $241 \text{ К}$ . 4.  $\approx 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$ . 5.  $50 \text{ мН/м}$ . 6.  $140 \text{ Н}$ . 7.  $300 \text{ }^{\circ}\text{С}$ . 8.  $0^{\circ}\text{С}$ . 9.  $200 \text{ }^{\circ}\text{С}$ . 10. 57%. 11.  $2,5 \cdot 10^{19} \text{ }^{\circ}\text{С}$ . 12.  $\approx 146 \text{ см}^3$ . 13.  $\approx 26 \text{ м}^{\circ}\text{С}$ . 14.  $\approx 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ . 15.  $5 \text{ кг}$ . 16. 0,65. 17. Не, қисми кори ро хунуккунак ба ҳолати ибтидоиаш бармегардонад. Яъне бе вай давр иҷро намешавад.

**Машқи 30.** 1.  $1,1 \cdot 10^{-20}$ Н. 2.  $\approx 6,2 \cdot 10^{-3}$  Кл, 3.  $\approx 0,55 \cdot 10^{-19}$ Н/Кл. 4. 0.  
5.  $\approx 0,77 \cdot 10^{-15}$ Н/Кл.

**Машқи 31.** 1.  $2 \cdot 10^{-3}$ м. 2. Энергияи майдони электрикӣ е маротиба кам мешавад. 3.  $8 \cdot 10^{-19}$ Кл. 4. 1,77пФ.

**Машқи 32.** 1. 4 Ом. 2. 13В. 3. 16В; 0,5А. 4. 5В. 5. 10Ом. 6. 20В.  
7. Кам шуд. 8. 300А.

**Машқи 33.** 1. 3А. 2. 3,8В; 1,5Ом. 3.  $\approx 50$ Ом.

**Машқи 34.** 1. 0,04Ом. 2.  $\approx 1,3 \cdot 10^4$ Ом; 20 маротиба. 3.  $\mathcal{E}_2 / \mathcal{E}_1 = r_2 / r_1$   
4.  $J_1 = \mathcal{E}_1 / r_1$ ;  $J_2 = \mathcal{E}_2 / r_2$ ;  $J_{AB} = \mathcal{E}_1 / r_1 - \mathcal{E}_2 / r_2$ ; 5. 3Ом; 0,5А.

**Машқи 35.** 1.  $\approx 0,87$ мм;  $1,5 \cdot 10^9$ м, 2.  $6,25 \cdot 10^{-4}$ м/с

**Машқи 36.** 1. 160,8Ом. 2. 39,6Ом-45,96Ом. 3. 0,0044К<sup>-1</sup>

**Машқи 37.** 1.  $8 \cdot 10^5$ м/с. 2.  $\approx 8 \cdot 10^5$ м/с;  $1,2 \cdot 10^6$ м/с. 4. Дар ноқили АВ  
 $\approx 1,6 \cdot 10^{-4}$  м/с; дар байни электродҳо  $\approx 4 \cdot 10^6$ м/с.

**Машқи 38.** 1.  $\approx 5 \cdot 10^7$ м/с. 2.  $\approx 28$ В.

**Машқи 39.** 1.  $1,12 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл. 2.  $\approx 0,4$ кг. 3.  $\approx 2,5 \cdot 10^3$ с. 4. 300кг. 5.  
 $0,3 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл. 6. 7,4

**Машқи 41.** 1.  $\approx 0,83 \cdot 10^{-6}$  Кл. 2.  $\approx 5,04 \cdot 10^4$  Н/Кл.  
3.  $\approx 9,15 \cdot 10^{22}$ Н,  $\approx 0,29$ м. 4.  $E = \frac{|q|}{\epsilon S} = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0(r+d)}$ . 5.  $7,4 \cdot 10^4$ В. 7. 210 варақ  
8. 9 В; 3 Ом. 9. 1, 5 бор. 10. 9, 6В; 4А. 11. 0,45В; 0, 5Вт. 12.  $3,2 \cdot 10^{-7}$ кз/  
Кл<sup>3</sup>. 13. 102ст. 14.  $3 \cdot 10^{-4}$  Ц. 15. Лампаи тавоноиаш хурд дарҳол месӯзад,  
лампаи тавоноиаш калон хира фурузон мешавад. 16. 0,5А; 5, 75В; 0,25В.  
17. 2, 95к Ом. 18. Ду маротиба кам мешавад. 19.  $\approx 6,2$ т. 20. 4,5 мк Ф.

## ҶАВОБИ МАШҚУ МАСЪАЛАҶО БАРОИ ТАКРОП

### Механика

6. 4м; 2м. 7. 5м; 4м; 3м. 8. 700км; 500км. 9. 150м. 10. 45с. 11. 200м.  
12.  $71^0$ . 13. 8м/с; 10м/с; 4м/с. 14. 14м/с. 15. 10м/с. 16.  $12\text{м}/\text{с}^2$ . 17.  $\sqrt{2}$ . 18.  
10с. 19. 4 баробар. 20.  $g\left(n - \frac{1}{2}\right)$ . 21. 50с. 22. 20с. 23. 4м/с. 24. 300м/с. 25.  
50м. 28. 0,32м/с. 29. 6,32м/с. 30.  $0,5\text{м}/\text{с}^2$ . 31. 4кН. 32. 50Н/м. 33. 2к. 34.  
1,7км/с. 35. 0,2Н. 36.  $0,9 \cdot 10^{-2} \text{ км}/\text{с}$ . 37.  $\approx 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ . 38.  $g = l \sqrt{\frac{g}{l-h}}$ .  
42. 2м/с; 8м/с. 43. 15м/с;  $0,2\text{м}/\text{с}^2$ . 44. 8м/с; 4м/с; 15с. 45. 2,6м/с. 51.  $40\text{м}/\text{с}^2$ ;  
0,1с. 52. 10м/с. 53. 180м. 54.  $\approx 60\text{м}$ ; 140м. 55. 2кН. 56. 720Н; 480Н; 480Н;  
720Н. 57. 700Н. 58. 20м/с. 59. 7,3 км/с. 60.  $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ . 61. 95даж; 7,7км/с. 62.  
0,5 м/с. 63. 0,2хисса. 64.  $\approx 0,31$ . 65.  $\approx 3,3\text{м}/\text{с}^2$ . 66.  $\approx 18\text{м}/\text{с}$ . 67. 20 м/с;  
 $22^0$ . 68.  $1,5 \text{ м}/\text{с}^2$ . 70.  $-\frac{1}{3} \text{ м}/\text{с}$ . 71. 160 Ҷ. 72.  $\frac{4}{5} mgh$ . 79.  $\approx 10z$ . 80. 400Н.  
81. 100Н. 82. 11,36 см. 83.  $2 \cdot 10^7 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}$ . 84. 26Ҷ. 85. 4,3 к Ҷ. 86. 1 Ҷ.  
87. 0,3 Ҷ. 88. 90 Ҷ. 89. 2,5м. 90. 27 кВт. 91. 1,6м/с. 92. 20см. 93. 140 Ҷ. 94.  
4кг. 95.  $9,7 \text{ м}/\text{с}^2$ . 96.  $\frac{l_1}{l_2} = 9$ . 99. 12 маротиба. 100. 5км.

### Физикаи молекулавӣ

4.  $\approx 0,056\text{мол}$ . 5.  $\approx 8,55 \cdot 10^{28}$ . 6. 1,5л. 7.  $1,4 \cdot 10^{22}$ . 8. 0,004  
кг/мол. 9.  $6 \cdot 10^{21}$  Ҷ. 10.  $10^5$ Па. 11. 0,029 кг/мол. 12. 12 кПа. 13.  
 $5,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{мол}$ . 14. 0,5 маротиба. 15.  $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ . 16.  $27^0\text{С}$ . 17. 425К.  
18.  $1,9 \cdot 10^3 \text{ м}/\text{с}$ . 19. 774К. 20.  $27^0\text{С}$ . 21.  $\approx 6 \cdot 10^{-21}$  Ҷ. 22.  $\approx 0,0224\text{м}^3$ .  
23. 1,5 маротиба меафзояд. 32.  $\approx 37^0\text{С}$ . 33. 1,5л. 34.  $\approx 5\text{кг}$ . 38. 20Ҷ. 39.  
22кг. 40.  $\approx 3,9 \cdot 10^{18}$ . 41.  $5 \cdot 10^5 \text{ м}/\text{с}$ . 42.  $10^{-21}$ Ҷ. 43.  $\approx 1,88 \cdot 10^{23}$ . 44.  
 $\approx 4,65 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ . 45. 3 маротиба. 46.  $6 \cdot 10^{-21}$  Ҷ. 47. 10%. 48.  $10^{22}$ . 49. 7л.  
50.  $30^0\text{С}$ . 51.  $\approx 64\text{кг}/\text{м}^3$ . 52. 12 кПа. 53. 9,5л. 54. 12,3 см. 55. Се  
маротиба кам шуд. 70.  $\approx 0,15\text{м}^3$ . 71. 0,49 кг/м<sup>3</sup>. 72. 1,7 маротиба. 73. 1,5  
маротиба меафзояд. 74. 88 кг. 75.  $27^0\text{С}$ . 76. 352г. 79.  $89^0\text{С}$ . 80.  $\approx 40\text{т}$ . 82.



0,59 кг/м<sup>3</sup>. 83. 50%. 84.  $3,6 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ . 85. 50%; 0,96 кПа; 7,3 г/м<sup>3</sup>. 86. 0,0005; 1 мм. 87. 100кПа. 88. 22кг. 89. 0,24Па. 90.  $\approx 74\%$ . 91. 8мм<sup>2</sup>. 92.  $\approx 11,7 \text{ мг}$ . 93. 50Н. 94. 34%. 95. 200 кг/м<sup>3</sup>. 96. 1,84. 97.  $\approx 11,7 \text{ мг}$ .

### Электрик

1.  $2 \cdot 10^8 \text{ Кл}$ . 2.  $1,76 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2$ . 3.  $-2,3 \cdot 10^3 \text{ В}$ . 9. 10мкЧ; - 10мкЧ. 10. 4,5мкЧ меафзояд. 11. 20пФ. 12. 100В; 0,1Ч. 13.  $2 \cdot 10^5$ . 14. Тафсиши муъяк суст мешавад. 17. 1,5 маротиба меафзояд. 18.  $8 \cdot 10^{-6} \text{ Ч}$ . 19. 200В/м. 20. 2мкН. 21.  $1,76 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2$ . 22.  $9,2 \cdot 10^{-8} \text{ Н}$ . 23. 9 маротиба. 24.  $\approx 1,42 \text{ маротиба}$ . 25. 2. 26. 20 кВ/м. 27. 2 маротиба. 28. 1,49 мм<sup>2</sup>. 29. 25 маротиба зиёд. 30. Мумкин нест, чунки  $q < q$  аст. 31. 16 маротиба меафзояд. 32. 4 маротиба кам мешавад. 33. 1,1 маротиба. 34. 2Ом. 40. а) мумкин нест, чунки  $u \geq u'$ ; б) мумкин аст, чунки  $u' > u$  мебошад. 41.  $\approx 2500^\circ \text{ С}$ . 42. 240 Вт. 43. 5,5А. 44. 0,2 Ом; 12В. 46. 1200А. 47. 2А; 10В. 48. 2 Ом. 62. 0,62 мг/Кл; 0,31 мг/Кл. 63.  $\approx 330 \text{ кВт.см}$ . 64. 0,13 мЧ. 65.  $\approx 3 \cdot 10^{-5} \text{ м}$ . 66.  $3,3 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}$ . 67. 1,2Мм/с. 68. 8нс. 69. 1,6 нс. 70. 180В. 71. 3 маротиба кам шуд.

**МУНДАРИҶА**  
**Қисми I. Механика**  
**1.1. Мафҳумҳои асосии кинематикӣ**

§1. Ҳаракати механикӣ.....	6
§2. Ҳаракати ростхаттаи мунтазам. Масири (траектория) ҳаракати ҷисм.....	8
§3. Векторҳо. Амалҳо бо векторҳо.....	10
§4*. Бузургҳои инвариантӣ ва нисбии кинематикӣ.....	13
§5. Ҷамъ кардани кӯчишҳо. Ҷамъ кардани суръатҳо.....	15
§6. Ҳаракати ростхаттаи номунтазам.....	18
§7. Суръат ва роҳ ҳангоми ҳаракати ростхаттаи собитшитоб.....	20
§8. Афтиши озоди ҷисмҳо.....	22
§9. Ҳаракати қачхатта.....	24

**1.2. Асосҳои динамика**

§10. Системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ ва қонунҳои динамика.....	27
§11*. Принсипи нисбият.....	31

**1.3. Зухуроти қувваҳои табиат**

§12. Қувваҳои ҷозиба (гравитатсионӣ).....	34
§13*. Муайян кардани массаи ҷирмҳои осмонӣ.....	35
§14. Ҳаракати ҷисми уфуқӣ партофташуда.....	37
§15*. Ҳаракати радифҳои маснуи Замин. Суръати якуми кайҳонӣ.....	38
§16. Қувваҳои чандирӣ.....	40
§17. Қувваҳои соиш.....	41

**1.4. Статика**

§18. Шартҳои мувозинатии ҷисмҳо.....	43
--------------------------------------	----

**1.5. Лаппиш ва мавҷҳои механикӣ**

§19. Ҳаракати лаппишноқ.....	45
§20. Табдили энергия ҳангоми лаппишҳои механикӣ.....	47

§21. Мавҷҳои арзӣ ва тӯлӣ. Дарозии мавҷ.....	48
§22. Инъикос ва шикасти мавҷҳо.....	49
§23. Интерференсия ва дифраксияи мавҷҳо.....	52

### 1.6. Қонуниҳои бақои дар механика

§24. Импулси ҳисм. Қонуни бақои импулс.....	54
§25. Ҳаракати реактивӣ.....	56
§26. Қор ва энергия.....	57
§27. Қонуни бақои энергия.....	60

### 1.7. Гидростатика ва гидродинамика

§28. Вобастагии фишори моеъ аз суръати ҷорешавии он Муодилаи Бернулли.....	62
§29. Қувваи болобурди болҳои тайёра.....	64
Хулосаҳо аз қисми "Механика".....	66

## Қисми II. Физикаи молекулавӣ

### 2.1. Асосҳои назарияи молекулавӣ-кинетикӣ

§30. Нуқтаҳои асосии назарияи молекулавӣ-кинетикӣ.....	71
§31. Асоси таҷрибавии назарияи молекулавӣ-кинетикӣ. Ҳаракати броунӣ.....	72
§32. Андоза ва массаи молекулаҳо. Миқдори мода. Адади Авогадро.....	74
§33. Газҳои идеалӣ.....	78
§34. Температура ва ҳенкунии он. Мувозинати ҳароратӣ.....	79
§35. Таъсироти ҳарорат ва фишори газ дар асоси таъсироти молекулавӣ.....	80
§36. Муодилаи асосии назарияи молекулавӣ-кинетикӣ дар газҳо.....	84
§37. Муодилаи ҳолати газ.....	87
§38. Изоравандҳо (изопротсессҳо) дар газҳо.....	89
§39. Бӯғҳои сер ва носер. Вобастагии байни ҳарорати ҷӯшиш ва фишор.....	93
§40. Намнокии ҳаво. Намнокии мутлақ ва нисбӣ. Нуқтаи шабнам.....	96
§41. Хосиятҳои сатҳи моеъ. Энергияи сатҳ. Капиши сатҳ.....	102
§42. Гаршавӣ. Капиллярноқӣ.....	106
§43. Қисмҳои сохти кристаллӣ ва аморфӣ Сохти кристаллҳо.....	111

§44*. Сохти дохилии кристаллҳо.....	114
§45. Тазйиқи (деформатсия) ҷисмҳои сахт.....	116
§46. Чандирият, муртӣ ва мустаҳкамии ҷисмҳои сахт.....	119

## 2.2. Асосҳои термодинамика

§47. Энергияи дохилӣ ва тағйирёбии он ҳангоми гармигузаронӣ ва қор.....	123
§48. Қонуни якуми термодинамика.....	125
§49. Қори газ ҳангоми васеъшавӣ.....	126
§50. Татбиқи қонуни якуми термодинамика дар равандҳои гази идеалӣ. Раванди адиабатӣ.....	129
§51. Бебозгаштии равандҳои ҳароратӣ.....	132
§52. Қонуни дууми термодинамика.....	133
§53. Принсипи амали мошинҳои ҳароратӣ. Суди мошинҳои ҳароратӣ.....	134
§54*. Мошинҳои ҳароратӣ ва мақоми онҳо дар хоҷагии халқ.....	138
§55*. Мошинҳои ҳароратӣ ва муҳофизати муҳити зист.....	143
Хулосаҳо аз қисми "Физикаи молекулавӣ".....	146

## Қисми III. Электрик

### 3.1. Майдони электрикӣ

§56. Қонуни бақои заряди электрикӣ.....	150
§57. Қонуни Кулон.....	150
§58. Майдони электрикӣ. Шадиияти майдони электрикӣ.....	153
§59. Ноқилҳо дар майдони электрикӣ.....	156
§60. Қори майдони электрикӣ ҳангоми қучиши заряд.....	159
§61. Потенциал ва фарқи потенциалҳо.....	160
§62. Ғунҷоиши электрикӣ.....	162
§63. Конденсаторҳо.....	163
§64*. Навъҳои конденсаторҳо.....	165
§65. Энергияи майдони электрикӣ.....	167
§66. Диэлектрикҳо дар майдони электрикӣ Нуфузпазирии диэлектрикӣ.....	168

### 3.2. Қонунҳои ҷараёни доимӣ

§67. Шартҳои зарурии мавҷудияти ҷараёни доимӣ. Манбаи ҷараён.....	172
§68. Қувваи электрҳаракатдиҳанда.....	173

§69*. Қонуни Ом барои китъаҳои якҷинса ва гайриякҷинсаи занҷир.....	174
§70. Қонуни Ом барои занҷири сарбаста.....	176
§71. Занҷири электрикӣ. Пайвасти пайдарпай ва мувозии ноқилҳо.....	179
§72. Қор ва тавоноии ҷараён.....	181
§73. Ҷен кардани қувваи ҷараён ва шиддати занҷир.....	184

### 3.3. Ҷараёни электрикӣ дар муҳитҳои гуногун

§74. Табиати ҷараёни электрикӣ дар филизот.....	187
§75. Исроти таҷрибавии ноқилияти электроники филизот.....	189
§76. Хусусиятҳои ҷараён дар филизот.....	190
§77. Фавқунноқилият.....	192
§78. Хосиятҳои электроники нимноқилҳо.....	194
§79. Табиати ҷараёни электрикӣ дар нимноқилҳо.....	196
§80. Ноқилияти ғашии нимноқилҳо.....	198
§81. Ноқилияти яктарафаи қабати тамосӣ.....	200
§82*. Триоди нимноқилӣ-транзистор.....	202
§83. Табиқи асбобҳои нимноқилӣ дар техника.....	204
Эмиссияи термоэлектронӣ.....	204
§85. Карнаи электроншуоъ.....	207
§86. Табиати ҷараёни электрикӣ дар электролитҳо. Қонунҳои Фарадей.....	209
§87. Табиати ҷараёни электрикӣ дар газҳо.....	212
§88*. Таҳлилии мустақил.....	212
§89. Намудҳои гуногуни таҳлилии газҳо.....	215
§90. Плазма.....	217
Ҳулосаҳо аз қисми "Электрик".....	220
§91* Ҷенқунӣ ва ҳисобқунии бузургҳои физики.....	225
§92* Нишондоди умумӣ барои иҷрои корҳои лабораторӣ.....	227

### Қорҳои лабораторӣ

1. Ҷен кардани шитоби ҳисми ҳангоми ҳаракати собитшитоб.....	228
2. Омӯхтани ҳаракати ҳисми уфуқӣ партофташуда.....	228
3. Ҷен кардани саҳтии пружина.....	229
4. Ҷен кардани коэффисенти соиши лағзиш.....	230
5. Муайян кардани шитоби афтиши озод бо ёрии раққосаки математикӣ.....	231
6. Санҷиши қонуни бақои импулс.....	232
7. Омӯзиши қонуни бақои энергияи механикӣ.....	233
8. Санҷиши таҷрибавии қонуни Бойл-Мариотт.....	234

9. Муайян кардани модули чандирии резин.....	236
10. Муайян кардани коэффисенти кашиши сатҳи моеъ.....	237
11. Танзими қувваи ҷараён ва шиддат дар занҷири ҷараёни доимӣ.....	238
12. Пайдарпай ва мувозӣ пайвастунии ноқилҳо.....	238
13. Муайян кардани муқовимати ҳоси ноқил.....	239
14. Муайян кардани ҚЭҲ ва муқовимати дохилии манбаи ҷараён.....	240
15. Муайян кардани эквиваленти электрохимиявии мис.....	281
Машқу масъалаҳо барои тақрор.....	243
Ҷавоби машқҳо.....	261
Ҷавоби машқу масъалаҳо барои тақрор.....	264

Рахимов Бердӣ Исматович  
Шукуров Тағойбобо  
Раҷабов Пирмуҳаммад

# ФИЗИКА

Китоби дарсӣ  
барои синфи

10

Мухаррир	Мансурова Ҷамила
Дизайни	Очилов Улугбек
Мухаррири техники	Ҳамроева Солиа
Мусахҳех	Назариён Баҳром
Ҷопи компютери	Иноятова Парвина

Ба чопаш 20.10.2010 имзо шуд.  
Андозаи қоғаз 60x90 1/16. Чопи офсетӣ.  
Қоғази офсетӣ. Гарнитурани Times New Roman Tj.  
Ҳаҷм 17 ҷузъи чопӣ. Адади нашр 81000.  
Супориши № 135

Ҷамъияти саҳҳомии «Матбуот»-и Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон.  
734025, ш. Душанбе, хиёбони Рудақӣ, 37